

附件 1

ICS XXXXX

CCS P XX

团体标准

T/CWEA XX -2021

小型水库大坝渗漏处理技术导则

Technical guidelines for seepage treatment of small
reservoir dams

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国水利工程协会 发布

前言

根据中国水利工程协会标准制修订工作安排，按照 SL1—2014 《水利技术标准编写规定》要求，编制本标准。

本标准共 6 章和 3 个附录，主要技术内容有：

- 基本规定
- 渗漏处理设计；
- 渗漏处理施工；
- 质量检查。

本标准为全文推荐。

本标准为首次发布。

本标准批准部门：中国水利工程协会

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

本标准审查技术负责人：

本标准体例格式审查人：

本标准内部编号：

目次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	3
4	渗漏处理设计.....	4
4.1	一般规定.....	4
4.2	方案选择.....	4
4.3	坝体渗漏.....	7
4.4	坝基渗漏.....	10
4.5	其他建筑物渗漏.....	13
4.6	排水设施.....	15
4.7	监测设施.....	15
5	防渗处理施工.....	17
5.1	一般规定.....	17
5.2	防渗墙.....	18
5.3	高压喷射灌浆.....	19
5.4	灌浆.....	20
5.5	化学灌浆.....	23
5.6	土工膜及防渗涂料.....	23
5.7	冲抓回填.....	24
5.8	排水和监测设施.....	25
6	质量检查.....	26
6.1	一般规定.....	26
6.2	塑性混凝土防渗墙.....	26
6.3	高压喷射灌浆.....	27
6.4	灌浆.....	27
6.5	化学灌浆.....	28
6.6	土工膜铺盖防渗.....	28
6.7	冲抓回填.....	29
附录 A	脉动灌浆施工用表.....	30
表 A.1	单孔脉动灌浆施工记录表.....	30
表 A.2	脉动灌浆成果汇总表.....	31
附录 B	脉动灌浆评定用表.....	32
表 B.1	脉动灌浆单元工程质量评定表.....	32
表 B.2	灌浆材料配制工序质量评定表.....	33
附录 C	冲抓回填施工记录表.....	34
条文说明	1

1 总则

1.0.1 为规范小型水库大坝渗漏处理设计、施工及质量检查，确保渗漏处理工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于小型水库大坝的渗漏处理工程，库区渗漏处理应进行专门研究论证。

1.0.3 小型水库大坝渗漏处理设计与施工，应综合考虑坝型、工程特性、渗漏情况、地质条件、施工条件、施工工艺等因素；遵循安全适用、因地制宜、保护环境、节约资源的原则；对比选择经济、合理的渗漏处理方法；采用成熟可靠的新技术、新工艺、新材料、新设备、新产品。

1.0.4 设计与施工方案中应制定环境保护、职业健康和安全生产防护措施。

1.0.5 本标准主要引用下列标准：

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 17642 土工合成材料 非织造布复合土工膜

GB/T 17643 土工合成材料 聚乙烯土工膜

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

SL/T 62 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL 174 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范

SL 230 混凝土坝养护修理规程

SL 274 碾压式土石坝设计规范

SL 551 土石坝安全监测技术规范

SL 564 土坝灌浆技术规范

SL 633 水利水电工程单元工程质量验收评定标准

SL 677 水工混凝土施工规范

SL 725 水利水电工程安全监测设计规范

SL 766 大坝安全监测系统鉴定技术规范

DL/T 5115 混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范

DL/T 5200 水电水利工程高压喷射灌浆技术规范

DL/T 5786 水工塑性混凝土配合比设计规程

JGJ/T 211 建筑工程水泥—水玻璃双液注浆技术规程

JC/T 2037 丙烯酸盐灌浆材料

JC/T 2379 地基与基础处理用环氧树脂灌浆材料

1.0.6 小型水库大坝渗漏处理工程，除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 大坝渗漏 dam leakage

库水在坝上、下游水位差作用下，经坝体、坝基和坝肩的岩、土体中的裂隙、孔隙、破碎带或岩溶通道等向坝下游渗漏的现象。

2.0.2 脉动灌浆 pulse pressure grouting

灌浆压力在峰值和谷值之间不断交替变化，使灌浆浆体对受灌体不断进行劈裂、压密、渗透的灌浆方法。

3 基本规定

- 3.0.1 当小型水库坝体结构存在安全隐患时，应先采取措施对坝体结构进行加固，后进行渗漏处理。
- 3.0.2 对已有防渗体的大坝进行渗漏处理设计时，宜先进行技术经济及安全评价分析，并充分利用和保护已有防渗体，确保新旧防渗体有效搭接；同时应评估新建防渗体系与已有防渗体系共同作用对大坝的影响，并拟定相应的处理方案。
- 3.0.3 渗漏处理施工宜在水库放空或低水位期进行。
- 3.0.4 用于渗漏处理的材料和施工中废水、废气、废渣的排放应符合环保要求。
- 3.0.5 在同一防渗轴线上，采用多种垂直防渗工艺对大坝进行渗漏处理时，宜按先施工上部后施工下部的顺序进行。
- 3.0.6 面板坝、重力坝、拱坝、闸坝中混凝土裂缝渗漏处理和水下修补的设计与施工，按照SL 230《混凝土坝养护修理规程》的规定执行。
- 3.0.7 渗漏处理完成后，应恢复和完善大坝安全监测系统，加强安全监测和巡视检查。
- 3.0.8 防渗工程施工过程中及完成后，应进行质量检查与处理效果评价。

4 渗漏处理设计

4.1 一般规定

4.1.1 进行小型水库大坝渗漏处理设计前，应收集下列资料：

- 1 安全评价资料及安全鉴定（认定）报告。
- 2 原设计及历次除险加固设计、施工、验收资料。
- 3 水文地质、工程地质资料。
- 4 历次险情及处理相关资料。
- 5 渗漏安全影响分析资料。
- 6 工程监测仪器、设施布置及安全监测资料。
- 7 运行管理资料。
- 8 其他相关资料。

4.1.2 防渗工程设计前应开展工程地质勘察工作，查明大坝渗漏的分布范围、类型及成因等，提供防渗设计所需的勘察成果。

4.1.3 渗漏处理方案设计时，坝体渗透稳定、允许渗漏量、坝基扬压力等计算结果均应满足规范及原设计要求，拟形成防渗体的形变宜与大坝结构及其他建筑物相协调。

4.1.4 大坝渗漏主要包括坝体渗漏、坝基渗漏、绕坝渗漏、其他结构物渗漏等，各部位防渗体应形成连续的封闭防渗体系，搭接长度与厚度应满足渗透稳定要求。

4.1.5 渗漏工程处理方案设计应遵循在迎水面或上游侧堵截，在背水面或下游侧疏排的原则；防渗轴线宜设置在靠近上游坝面的坝轴线附近。

4.1.6 防渗部位位于水面以下，不具备干地施工条件时，宜进行水下修补。

4.2 方案选择

4.2.1 坝体渗漏处理方案可选择塑性混凝土防渗墙、高压喷射灌浆、脉动灌浆、套阀管灌浆、劈裂灌浆、冲抓回填、铺土工膜、化学灌浆等中的一种或几种方法组合进行。

4.2.2 坝基渗漏处理方案可采用垂直防渗、水平防渗或两者相结合，宜符合下列要求：

- 1 垂直防渗处理方案宜采用塑性混凝土防渗墙、脉动灌浆、套阀管灌浆、高压喷射灌浆、水泥灌浆等。

2 水平防渗应在水库放空条件下进行,可采用混凝土、土工膜或黏土等材料进行铺盖,长度、厚度或压实标准应通过试验或计算确定。

4.2.3 绕坝渗漏处理设计,宜采用与坝基或坝体渗漏处理相同的方法。

4.2.4 采用塑性混凝土防渗墙方法作为大坝渗漏处理方案时,应符合下列规定:

- 1 应符合 SL 174《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》中的相关规定。
- 2 防渗墙墙底宜伸入基岩大于 0.5m。遇基岩风化较深或断层破碎带时,可根据坝高和断层破碎情况增加深度。
- 3 塑性混凝土的配合比设计按 DL/T 5786《水工塑性混凝土配合比设计规程》的相关规定执行,塑性混凝土 28d 抗压强度宜为 1.0MPa~5.0MPa,弹性模量宜小于 2000MPa;抗渗系数宜小于 1.0×10^{-6} cm/s。

4.2.5 采用高压喷射灌浆方法作为大坝渗漏处理方案时,应符合下列规定:

- 1 应符合 DL/T 5200《水电水利工程高压喷射灌浆技术规范》中的相关规定。
- 2 高压喷射灌浆单管法在防渗施工中施工深度宜小于 10m,双管法施工深度宜小于 15m,三管法施工深度宜小于 30m。
- 3 承受水头较小或深度小于 10m 的高喷墙,可采用摆喷折接或定喷折接形式;深度小于 15m 时,可采用摆喷折接或旋摆搭接形式,折接摆角宜不小于 30° ;深度 15m~25m 时,可采用单排旋喷套接;当深度大于 25m 时,宜采用两排或三排旋喷套接形式。
- 4 浆液宜采用普通硅酸盐水泥配制,单、双管高喷水固比可为 1.5:1~1.0:1,三管高喷可为 0.8:1~0.6:1。

4.2.6 采用冲抓回填方法作为大坝渗漏处理方案时,应符合下列规定:

- 1 坝高(或处理深度)不大于 15m 的均质土坝及心墙坝,冲抓成孔稳定性良好,且有合格回填防渗土料,可采用冲抓回填。
- 2 应根据回填土料特性选择合适的孔径和孔中心距,确保孔与孔的搭接厚度满足抗渗要求,搭接厚度宜不小于 500mm。孔径可为 1.1m~1.2m,孔距可为 0.75m~0.85m。
- 3 回填土压实度应满足大坝坝体压实度要求。
- 4 套井横向范围应向大坝坝肩以外适当延伸,延伸长度宜截断坝肩的绕坝渗漏通道。套井底部宜深入相对不透水层或坝基防渗体 1.5m,顶部高程不应低于校核洪水位,且正常运用情况下顶部超高不小于 0.5m。

4.2.7 水泥灌浆可用于混凝土坝体、砌石坝体或岩石坝基、坝肩等渗漏的防渗处理,应符合 SL/T 62

《水工建筑物水泥灌浆施工规范》中的相关规定。

4.2.8 采用脉动灌浆方法作为大坝渗漏处理方案时，应符合下列规定：

- 1 应符合 SL/T 62-2020《水工建筑物水泥灌浆施工规范》10.5 节中的相关规定。
- 2 宜用于土层和砂卵砾石层、全风化岩体、强风化岩体、岩溶地层等松散软弱地层坝基和土石坝坝体的渗漏处理。对粘粒含量较少的粉细砂地层及防渗标准高的重要工程，应通过现场试验确定可行性。
- 3 灌浆孔距可为 1.0m~2.0m，采用多排孔时，排距可为 0.8m~1.5m。
- 4 灌浆浆液应采用低流动性黏土水泥膏状浆液，浆液结石强度宜不大于 5.0MPa，浆液流动度宜不大于 110mm。
- 5 脉动灌浆防渗帷幕顶部覆盖土层厚度宜不小于 3.0m。
- 6 对于不同防渗深度的大坝，灌浆孔排数、灌浆压力和灌浆量，宜符合下列规定：
 - 1) 处理深度小于 30m 时，脉动灌浆帷幕宜布置 1 排~2 排，分段终灌脉动峰值压力宜大于 1.5MPa 且最小灌入量大于 450L/m。
 - 2) 处理深度小于 70m，大于或等于 30m 时，脉动灌浆帷幕宜布置 2 排~3 排，分段终灌脉动峰值压力宜大于 2.0MPa 且最小灌入量大于 350L/m。
- 7 重要工程宜通过现场试验确定脉动灌浆工艺参数；一般工程进行灌浆生产性试验。

4.2.9 采用劈裂灌浆工艺作为大坝渗漏处理方案时，应符合下列规定：

- 1 应符合 SL 564《土坝灌浆技术规范》中的相关规定。
- 2 劈裂灌浆适用于坝高（或处理深度）不大于 30m 的均质土坝或心墙坝坝体的渗漏处理。
- 3 应在代表性坝段进行生产性试验，试验孔应不少于 3 个。

4.2.10 采用套阀管灌浆方法作为大坝渗漏处理方案时，应符合下列规定：

- 1 应符合 SL/T 62 中的相关规定。
- 2 宜用于土层和砂卵砾石层、全风化岩体、强风化岩体等的松散软弱地层坝基和土石坝坝体渗漏处理；在粘粒含量较少的粉细砂地层及防渗标准要求高的重要工程中，应通过现场试验确定可行性。
- 3 灌浆孔距可为 1.0m~2.0m，排距可为 0.8m~1.5m。
- 4 处理深度小于 30m 且大于 10m 时，灌浆布置宜不少于 2 排，分段终灌压力宜大于 0.8MPa；处理深度大于 30m 时，灌浆布置宜不少于 3 排，分段终灌压力宜大于 1.2MPa。
- 5 套阀管灌浆防渗帷幕顶部覆盖土层厚度宜不小于 3.0m。

6 重要工程宜通过现场试验，确定开环压力、灌浆工艺系数；一般工程宜进行灌浆生产性试验。

4.2.11 采用铺土工膜方法作为大坝渗漏处理方法时，应符合下列规定：

- 1 符合 GB/T 50290《土工合成材料应用技术规范》中的相关规定。
- 2 宜用于处理深度小于 30m 的均质土坝及斜墙坝的渗漏处理。
- 3 土工膜的类型、材质及厚度的选择应按水头、填料、垫层条件、工作环境和铺设部位等确定，宜选用复合土工膜，膜厚度不应小于 0.5mm。
- 4 土工膜防渗结构体自下而上依次包括下部支持层(垫层)、土工膜防渗层、上部防护层(垫层)；并应复核斜铺土工膜与保护层和上、下垫层之间的抗滑稳定性。
- 5 土工膜铺盖防渗可采用逆止阀、排水管、纵横向排水盲沟等方法或几种方法相结合的措施排除铺盖膜下的积水、积气。逆止阀间距 30m~50m；盲沟由卵石、碎石和外包土工织物滤层构成。
- 6 土工膜可采用锚接或粘结的方式与周边建筑物或其他防渗体紧密连接，构成封闭防渗系统。

4.2.12 采用充填灌浆方法作为渗漏处理方案时，应符合下列规定：

- 1 符合 SL 564 中的相关规定。
- 2 坝体及构筑物内、构筑物与岩(土)体之间、岩体内的的裂隙与空隙或洞穴等的渗漏可采用充填灌浆方法处理。
- 3 灌浆孔应布置在隐患部位，可按梅花形布孔，孔排距可为 1m~2m，也可采用生产性试验确定，钻孔深度应超过隐患部位深度 1m~2m。
- 4 充填灌浆材料宜符合下列要求：
 - 1) 土坝充填灌浆材料宜采用粉质黏土或黏土；
 - 2) 在浆液中掺入水玻璃时，掺量宜为干料质量的 0.5%~1.0%；掺入水泥时，掺量宜为干料质量的 10%~15%；在建筑物接触部位灌浆，水泥掺量可适当增加；
 - 3) 对存在生物危害的坝体，可在浆液中掺入药剂。

4.2.13 采用化学灌浆方法作为渗漏处理方案时，应符合下列规定：

- 1 化学灌浆可选用丙烯酸盐、聚氨酯、环氧树脂、水玻璃等灌浆材料，有结构强度或抗冲磨蚀要求的化学灌浆宜采用环氧树脂类材料。
- 2 化学灌浆孔斜孔孔径宜大于 12mm，骑缝孔和孔深大于 1m 的灌浆孔孔径宜大于 25mm。

4.3 坝体渗漏

4.3.1 土石坝渗漏治理方法应考虑库水位、施工条件等，宜按表 4.3.1 的规定进行选择。

表 4.3.1 常见土石坝渗漏处理方法的适用范围

防渗措施	处理深度<15m			15m≤处理深度<30m			处理深度≥30m		
	均质坝	心墙坝	斜墙坝	均质坝	心墙坝	斜墙坝	均质坝	心墙坝	斜墙坝
土工膜	√		√	√		√			
冲抓回填	√	√							
塑性砼防渗墙	√	√		√	√		√	√	
脉动灌浆	√	√		√	√		√	√	
套阀管灌浆	√	√		√	√		√	√	
高压喷射灌浆	√	√		√	√				
劈裂灌浆	√	√							
垂直防渗+土工膜			√	√		√	√		√

注：“√”代表推荐。“垂直防渗+土工膜”中防渗组合中，垂直防渗型式宜采用高压喷射灌浆、脉动灌浆、套阀管灌浆。

4.3.2 土石坝坝体与混凝土建筑物接触部位的防渗体，宜进行补强处理，并符合下列规定：

- 1 坝体采用灌浆防渗时，接触部位补强的范围为：垂直水流方向宜大于帷幕厚度的 10 倍，顺水流方向大于帷幕厚度的 3 倍；灌浆宜采用黏土水泥浆或膏状浆液，浆液结石强度可为 2.0MPa~5.0MPa。
- 2 坝体采用塑性混凝土防渗墙时，接触部位补强的范围为：垂直水流方向应大于防渗墙厚度的 10 倍，顺水流方向大于防渗墙厚度的 3 倍。
- 3 坝体采用冲抓回填时，接触部位宜增加 1 排以上冲抓套井。

4.3.3 对于土石坝现有防渗体系中，出现下部完好、上部渗漏时，可采取悬挂式帷幕或防渗墙工艺处理上部渗漏。低坝中，帷幕或防渗墙进入下部完好防渗体的深度应大于 2m；中坝中的深度可根据工程类比并经渗流计算确定，宜大于 1/10 坝高。

4.3.4 均质土坝坝体若上游坝坡不满足稳定要求，附近有合适的黏土料源且施工条件允许的情况下，可采用临水面加筑黏土斜墙的处理方法。

4.3.5 均质沙坝的渗漏处理，宜符合下列要求：

- 1 应优先考虑对原防渗体的加固和补强；若不具备条件时，可选择新建坝内垂直防渗体系或上游新增斜坡防渗体系的处理方法。
- 2 若大坝坝体有培厚要求，且大坝附近有合适的粘土料源和施工条件允许的情况下，宜采用临水面加筑粘土斜墙结合基础垂直防渗处理方法。
- 3 当大坝坝体及坝坡满足稳定要求，对于坝高小于或等于 30m 的坝体，可采用垂直防渗方式或在临水坡面铺设土工膜方法；对于坝高大于 30m 的坝体，宜采用垂直防渗或垂直防渗+临水坡面

铺设土工膜方法。

4 垂直防渗方法宜采用混凝土防渗墙，其它方法应通过现场试验验证。

4.3.6 黏土心墙坝体的渗漏处理，应符合下列要求：

- 1 宜采用垂直防渗方法对心墙进行防渗，防渗材料应与原心墙黏土结合紧密。
- 2 坝体垂直防渗轴线宜布置在心墙内靠上游侧且位于坝基截渗槽范围内。
- 3 黏土心墙堆渣坝的防渗措施不应破坏心墙上下游反滤层。

4.3.7 黏土斜墙坝体的渗漏处理，应符合下列规定：

- 1 坝体防渗宜采用临水面铺设土工膜或垂直防渗+土工膜的方法；条件允许时，防渗处理可采用临水面培厚黏土斜墙的方法。
- 2 培厚黏土斜墙厚度应根据水头和土料的允许渗透坡降及施工机械最小宽度确定，与岸坡接头或与其他混凝土建筑物接头处宜适当加大斜墙厚度，坡比应结合边坡稳定计算确定。
- 3 培厚斜墙上游应设置保护层，保护层可采用块石、预制块等。培厚斜墙与原斜墙结合处，宜开挖成台阶状。

4.3.8 沥青混凝土心墙坝的渗漏处理，宜采用塑性混凝土防渗墙、脉动灌浆、套阀管灌浆、高压喷射灌浆等方法，防渗体应布置在沥青心墙的上游侧。

4.3.9 面板堆石坝、沥青混凝土斜墙坝、混凝土重力坝、砌石坝、拱坝等坝体的渗漏，主要包括面板渗漏、趾板渗漏及周边缝、垂直缝渗漏、大坝伸缩缝渗漏等，渗漏治理除应按 SL 230、SL/T 62 及 DL/T 5406《水电水利工程化学灌浆技术规范》的规定执行以外，还应符合下列要求：

1 面板渗漏处理设计应符合下列要求：

- 1) 大坝面板破损较严重时，宜对破损块拆除重建；
- 2) 面板混凝土裂缝防渗处理可采用水泥灌浆、化学灌浆、涂层粘补、凿槽嵌填等方法；
- 3) 当防渗面板存在贯穿性裂缝时，应根据结构要求先行加固，再进行防渗处理；
- 4) 面板结构缝及施工缝渗漏可采取更换止水、灌浆或凿槽嵌填等方法。
- 5) 采用重建及修复面板进行处理的，其强度、厚度等指标应不低于原设计规定；重建面板底部应设置垫层，应对周边缝及垂直缝止水进行封闭。重建面板新旧混凝土结合处应处理成台阶，两者之间以双层双向钢筋衔接。
- 6) 对于面板堆石坝中面板脱空和沉降的处理可采用低强度、低压缩性材料灌注。钻孔采用梅花形布置，不应伸入过渡层和堆石层，孔距和排距可为 2m~3m，灌浆工艺参数宜通过现场试验确定；对垫层料流失严重部位，可采用原级配垫层料掺入水泥所形成的混合料

进行充填，水泥重量比可为垫层料的 5%~8%。

2 趾板渗漏可采用拆除重建趾板、灌浆或粘补、重新恢复趾板周边缝止水结构、延长趾板宽度等进行处理，应符合下列要求：

- 1) 拆除重建趾板应进行专项设计。
- 2) 因趾板与基础接触面产生的渗漏，可采用固结灌浆、帷幕灌浆、趾板前端设置齿槽或齿槽和混凝土防渗墙结合的方法，齿槽混凝土的力学性能应与原趾板一致。

3 周边缝、垂直缝渗漏可采取恢复止水结构或对其附近填筑料灌浆加密等措施进行处理，应符合下列要求：

- 1) 重新安装的止水及缝内封填结构及材料宜与原设计一致；需要改变其结构或材料时，应论证其可靠性。
- 2) 埋设在混凝土内部的接缝止水更换时，应将更换处两侧混凝土切除后凿毛，并重新浇筑面板，接缝位置不变。重新安装的接缝止水应与原止水可靠连接，连接形式及长度等应符合 DL/T 5115《混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范》中的相关规定。

4 大坝伸缩缝防渗应符合下列规定：

- 1) 伸缩缝防渗应根据止水拉裂，缝内混凝土面出现的冷缝、麻面，填缝材料损坏等不同渗漏原因及工程条件采用嵌填、粘补、灌浆等方法；嵌填防渗材料宜选用原伸缩缝相同的止水铜片或不锈钢片等止水材料，锚固片材应与原横缝的止水搭接；
- 2) 对于不均匀沉降且尚未趋于稳定的变形引起的伸缩缝防渗材料拉裂，应采用适应变形的防渗材料及工艺方法进行处理。

4.3.10 混合坝坝体的渗漏处理应根据不同混合坝坝体材料或结构型式、渗漏原因、工程条件，确定相应的防渗措施，并应符合 4.3.2 条的规定。

4.4 坝基渗漏

4.4.1 坝基防渗按坝高的不同，坝基防渗标准和相对隔水层透水率控制，应符合下列规定：

- 1 重力坝、拱坝、闸坝坝高 100m~50m，透水率宜不大于 3Lu~5Lu。
- 2 重力坝、拱坝、闸坝坝高 50m 以下，透水率宜不大于 5Lu。
- 3 土石坝和其他大坝，宜为 5Lu~10Lu。

4.4.2 大坝坝基渗漏应根据地基的岩性特征、坝型、坝高、防渗标准等选择处理方法，应符合下列要求：

- 1 中风化、弱风化及风化程度较软的强风化基岩宜采用水泥浆液灌浆。
- 2 全风化、强风化及强度较低的软弱基岩等地层宜采用塑性混凝土防渗墙、脉动灌浆、套阀管法灌浆。
- 3 土层、砂层、砂砾石层等覆盖层地基宜采用混凝土防渗墙、脉动灌浆、高压喷射灌浆、套阀管灌。
- 4 岩溶地区的坝基渗漏处理，应根据岩溶发育程度、充填物性质、承压水头大小和防渗要求等，采用注浆、铺盖、挖除回填、混凝土塞、混凝土防渗墙等措施，也可采用铺盖防渗。

4.4.3 大坝坝基与坝体防渗结构应良好搭接，形成完整防渗体系，并应符合下列要求：

- 1 坝体土工膜结合坝基垂直防渗时，应设置坝脚混凝土平台，土工膜及垂直防渗应与平台良好连接。
- 2 基础防渗采用库内水平铺盖防渗方案时，水平铺盖防渗应与大坝斜墙、土工膜、面板等防渗体采用合适措施进行搭接。

4.4.4 覆盖层坝基采用垂直防渗结构时，防渗轴线位置的选定，应符合下列要求：

- 1 对于均质坝，仅对坝基进行防渗处理时，坝基防渗帷幕轴线宜布置于距上游坝脚 $1/3 \sim 1/2$ 坝底宽度处；坝体及坝基均进行防渗处理时，应采用联合垂直防渗结构，防渗帷幕轴线宜布置在坝轴线偏上游位置；采用坝基垂直防渗+上游坝坡土工膜铺盖防渗时，垂直防渗帷幕线可布置在坝体上游坝脚平台位置。
- 2 对于心墙坝，仅对坝基进行防渗处理时，坝基防渗帷幕轴线宜布置在心墙与坝基接触面距上游侧 $1/3 \sim 1/2$ 接触宽度处；坝体及坝基均进行防渗处理时，应采用联合垂直防渗结构，防渗帷幕轴线宜布置在心墙轴线位置。
- 3 对于斜墙坝，仅对坝基进行防渗处理时，垂直防渗帷幕轴线可布置在上游坝坡靠近坝脚的平台处，垂直帷幕与斜墙搭接不小于 2m；坝体及坝基均进行防渗处理时，应采用坝基垂直防渗+上游坝坡土工膜铺盖防渗或斜墙防渗处理，并根据施工条件、原防渗体结构、经济性等进行综合比较确定帷幕轴线位置。
- 4 对于重力坝及拱坝，仅对坝基进行防渗处理时，帷幕轴线应布置在大坝廊道内或大坝上游防渗齿墙部位、上游灌浆平台处。
- 5 对于面板堆石坝，帷幕轴线宜布置在趾板上，坝基防渗体结构应与趾板连接。

4.4.5 覆盖层坝基塑性混凝土防渗墙设计除应符合 SL 174 中的相关规定外，应符合下列规定：

- 1 应根据幕前水头和防渗标准确定防渗墙厚度，宜为 0.6m~1.0m。

- 2 结构形式可采用槽孔型防渗墙，墙体材料可采用塑性混凝土、普通混凝土，成槽方式可采用抓斗成槽、钻劈法成槽、双轮铣成槽等。
- 3 防渗墙底宜嵌入弱风化基岩不少于 0.5m，遇基岩风化较深的地层或遇断层破碎带时，应增加入岩深度。
- 4 防渗墙无法入岩时，墙体与基岩接触段应进行接触段防渗灌浆，宜采用脉动灌浆或套阀管灌浆法，墙体浇筑过程中可进行灌浆管预埋。
- 5 防渗墙顶部进入坝体内土质防渗体的深度宜为 1/10 坝高或根据渗流计算确定，且不应低于 2m。
- 6 塑性混凝土防渗墙作为地基的一部分时，应进行应力应变计算与分析，确定塑性混凝土的强度等级。

4.4.6 坝基采用水平防渗结构布置，应符合下列要求：

- 1 对于均质坝及斜墙坝，上游库内铺盖防渗与均质坝体、土工膜、斜墙等防渗体的连接处厚度应通过渗流计算确定。
- 2 对于重力坝及拱坝，上游库内铺盖防渗体宜采用混凝土或土工膜铺盖。
- 3 对于面板堆石坝，采用延长趾板、增设上游库内铺盖等措施时，宜采用混凝土或黏土铺盖，铺盖防渗体与大坝防渗趾板应采取可靠措施搭接。

4.4.7 坝基采用黏土铺盖防渗设计，应符合下列规定：

- 1 铺盖应由上游向下游逐渐加厚，前缘最小厚度可为 0.5m~1.0m，末端与坝体防渗体连接处厚度由渗流计算确定，且应满足结构和施工要求。
- 2 铺盖应有适宜的保护措施，避免施工和运行期间发生裂缝、冰冻和水流淘刷、穿洞等。

4.4.8 岩石坝基的渗漏处理宜采用水泥灌浆工艺，应根据工程水文地质条件、坝型、防渗水头、防渗标准等，结合试验确定水泥灌浆排数、排距、孔距、孔深等，除应符合 SL/T 62 的规定外，还应符合下列规定：

- 1 坝高 70m 以下宜采用 1~2 排帷幕。对地质条件较差、岩体裂隙特别发育或可能发生渗透变形的地段，可适当增加帷幕排数。
- 2 帷幕孔距可为 1.5m~3.0m，排距宜比孔距略小。
- 3 帷幕深度应根据坝基相对隔水层埋深、地层的抗渗性能等确定，应符合下列规定：
 - 1) 相对隔水层埋深较浅时，防渗帷幕底线应伸入到相对隔水岩层内 3m~5m。
 - 2) 相对隔水层埋藏较深或分布无规律时，帷幕深度宜结合工程地质条件和坝基扬压力等按渗流计算确定，宜不小于 0.3 倍水头，且进入弱风化岩层 5m~10m。

- 3) 当采用多排帷幕时, 宜将其中的一排孔钻灌至设计深度, 其余各排孔的孔深可取设计深度的 $1/2 \sim 2/3$ 。
- 4 采用水泥浆液灌浆难以达到防渗标准时, 可采用超细水泥灌浆化学灌浆。
- 5 帷幕灌浆压力的选值, 应符合下列规定:
 - 1) 第 1 段灌浆, 宜为 1.0 倍~1.5 倍坝前静水头, 以下各段逐渐增加。
 - 2) 宜根据坝体结构、所使用的浆液性能、灌浆工艺并通过灌浆试验确定, 最大压力不应使坝基产生致裂抬动。
- 6 当渗漏部位埋深较深时, 宜利用灌浆隧洞进行防渗施工, 多层隧洞的上、下层帷幕的搭接型式可采用斜接式、直接式及错列式等, 应保证搭接部位连续封闭和密实; 无灌浆隧洞时, 可设置灌浆隧洞或分层设置灌浆平台。

4.4.9 河床式厂房地基防渗应根据厂房地质条件、扬压力控制标准合理设置帷幕, 厂房上游防渗帷幕宜与大坝坝基防渗帷幕连接, 必要时可设置下游帷幕。

4.5 其他建筑物渗漏

4.5.1 土坝穿坝涵管渗漏处理应根据涵管现状、工程运行条件、埋深等综合考虑, 可采用废弃封堵新建隧洞、涵管防渗处理、开挖重新预埋或改建虹吸管、新建顶管等方法。

4.5.2 开挖重新预埋涵管时, 坝体回填土应与原坝体紧密结合, 并符合 SL 274《碾压式土石坝设计规范》的规定。

4.5.3 废弃的土坝坝体内输水涵管, 应采取措施封堵, 封堵材料应与原涵管建筑材料性能相适应, 并符合下列要求:

- 1 坝体内废弃涵管的有效封堵长度应通过计算并结合坝体地质条件、坝体结构、渗漏情况等综合确定。封堵体应与坝体内防渗体有效搭接, 与原涵管接触面的渗漏处理应满足防渗要求。
- 2 废弃封堵涵管与土坝坝体存在接触渗漏的, 应在封堵涵管的同时, 对接触段进行回填或固结灌浆, 并结合封堵体及帷幕的位置构建与承压水头相匹配的截水环。截水环涵管内施工困难时, 可采取在地面涵管两侧交叉布置斜孔灌浆方式封闭涵管底部, 结合布置垂直孔封闭涵管顶部及两侧的方法处理。
- 3 宜采用黏土水泥膏状浆液及脉动灌浆方法对土坝坝体或软弱岩体内涵管的渗漏进行灌浆处理。

4.5.4 对具备修补加固条件的输水涵管或隧洞, 可采用增加内衬结构或在原衬砌结构上进行修补处理, 增加内衬的涵管或隧洞应满足原过流能力要求, 宜符合下列规定:

- 1 对增加内衬的涵管或隧洞，可采用钢板、PVC管、PE管或钢筋混凝土衬砌等结构。新增内衬与原衬砌结构之间宜留不小于5cm的环状间隙，并采用接触或回填灌浆进行防渗处理，灌浆压力宜根据材料的强度和性能确定。
- 2 对涵管或隧洞内原衬砌渗漏进行修补的，修补加固应符合SL 230、SL 279《水工隧洞设计规范》规范规定，还应符合下列要求：
 - 1) 当原衬砌为钢结构时，可采用焊接修补，修补处应增加横向加筋环。
 - 2) 当原衬砌为混凝土时，可采用水泥灌浆、化学灌浆、粘贴纤维布、涂补等方法处理。
 - 3) 当原衬砌为浆砌石时，宜采用水泥灌浆。
- 3 在修补加固涵管或隧洞前，宜根据接触渗漏情况、围岩条件进行回填或固结灌浆。

4.5.5 溢洪道堰基及其两岸渗漏可采用水泥灌浆、脉动灌浆、高压喷射灌浆、混凝土齿墙、水平防渗面板或其组合措施处理，应符合SL 253《溢洪道设计规范》规定。采用帷幕灌浆时，应符合下列规定：

- 1 靠近坝肩的溢洪道，宜与大坝防渗及排水综合考虑，防渗帷幕应与大坝坝体、坝基的防渗帷幕有效搭接，且不应布置在建筑物基底拉应力区。
- 2 溢洪道防渗帷幕宜延伸至相对隔水层或正常水位与蓄水前地下水位线相交处，无相对隔水层或地下水位较深时，帷幕延伸范围应通过渗流计算，确保不产生渗透破坏。
- 3 堰基相对隔水层埋深较浅时，防渗帷幕应伸入该层内2m~3m；相对隔水层的透水率应与坝肩帷幕防渗标准一致。
- 4 堰基内相对隔水层埋藏较深或分布无规律时，非岩溶地区的防渗深度可在堰基面最大水头的0.3~0.7倍范围内选择；遇透水性强的破碎带，应适当增加帷幕的深度和厚度。

4.5.6 溢流堰堰体的渗漏处理应根据堰体材料、结构形式、工程条件等综合考虑，并符合下列要求：

- 1 应与溢洪道基础防渗体形成整体。
- 2 堰体为浆砌石，堰基为岩石，且相对不透水层埋藏较浅时，堰体防渗可采用在堰前增设钢筋混凝土防渗面板、防渗齿墙、防渗膜等措施。
- 3 堰体为浆砌石体或混凝土体，堰基为砂卵石、土、风化岩石等，且相对不透水层埋藏较深时，堰体防渗宜采用水泥灌浆、防渗面板等措施。
- 4 其他应符合4.3.9条中的相关规定。

4.5.7 集中渗漏封堵应根据坝型、渗漏位置、渗漏量、渗透坡降等选用不同的处理方法，并应符合下列规定：

- 1 岩溶集中渗漏处理应采用先填入级配料或纤维状材料，再灌入抗冲膏浆或水泥-水玻璃浆液，再压力灌浆封堵密实的方法处理。水泥-水玻璃双液注浆应符合 JGJ/T 211《建筑工程水泥—水玻璃双液注浆技术规程》中的相关规定。流速及流量较大时，也可采用格栅结合模袋灌浆、沥青、混合砂浆、混凝土等进行封堵灌浆处理。岩溶封堵灌浆可选用膏状浆液、速凝浆液、热沥青浆液、混合砂浆、混合砂石浆、混凝土等自堆积性浆材。
- 2 基岩集中渗漏处理，帷幕钻孔应进入相对不透水层深度大于 10m。其他渗漏可在防渗轴线上的集中渗漏部位布置 2 排~3 排防渗帷幕灌浆孔及 3 个~5 个施工措施孔，钻孔宜深入集中渗漏点以下不低于 5m，沿防渗轴线宜延伸至渗漏点左右两侧各 10m 以上，孔距 1m~2m，排距 1m~2m。

4.6 排水设施

- 4.6.1 渗漏处理工程施工过程中，应注意对原坝体及坝基排水系统的保护。在软弱地基中，应采取避免渗透变形破坏，上游防渗措施效果不佳时，应首先对上游防渗截水设施进行处理修复。
- 4.6.2 重力坝或拱坝均应在防渗处理后，对原已有的排水孔进行扫孔清洗，重新恢复排水作用；未设置排水孔的，应根据大坝稳定复核结果确定排水设计；排水设计应符合 SL 319《混凝土重力坝设计规范》中的相关规定。
- 4.6.3 土石坝排水棱体堵塞可采用分段抽槽开挖翻修或打垂直砂井结合纵横向导渗沟的方法进行处理；贴坡排水堵塞可采用拆除重建、分段抽槽开挖翻修方法进行处理。
- 4.6.4 下游坝坡无排水设施时，应设置坝坡导渗沟或贴坡式反滤层、土工织物反滤层等；导出的渗水应集中引入集水沟或滤水坝趾内排出。应注意不破坏心墙等原坝体防渗系统。
- 4.6.5 土石坝原大坝排水设施不能满足坝后排水要求的，应重新设置排水设施，可为棱体排水、贴坡排水等，应符合 SL274《碾压式土石坝设计规范》中的相关规定。
- 4.6.6 原坝顶、坝坡、坝肩、岸坡等部位的集水、截水、排水设施损坏的，应进行修复，坝坡排水宜与坝体、坝基排水形成相对独立的排水体系。

4.7 监测设施

- 4.7.1 小型水库大坝渗漏处理设计，应按照 SL 766《大坝安全监测系统鉴定技术规范》规定对原有渗流监测设施进行评价，并根据 SL 725《水利水电工程安全监测设计规范》中相关规定进行渗流监测设施设计。

4.7.2 大坝防渗监测设计宜与其他监测设计同时进行；监测范围包括坝体、坝基及坝肩；监测内容包括渗流量及渗透压力；监测宜以自动化监测方式为主，人工监测为辅，宜建设数据监测自动采集系统。

4.7.3 渗透压力监测包括坝体渗透压力、坝基渗透压力、扬压力、绕坝渗透压力等；除符合 SL 551《土石坝安全监测技术规范》、SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》的规定外，对渗漏异常的部位，应补充相应的监测设施。

4.7.4 土石坝（含面板堆石坝）监测点布置应按 SL 551 的规定执行，存在集中渗水、管涌、散浸等严重渗漏部位，应在 10m 范围内增设监测点。

4.7.5 混凝土坝（含砌石坝）监测点布置应按 SL 601 的规定执行，且应符合下列要求：

- 1 在已完成帷幕或防渗墙下游侧布设观测纵断面。
- 2 设有廊道的，应根据坝体、坝基排水孔情况布设观测监测断面。

4.7.6 土石坝、面板堆石坝应选择坝后地形相对偏低、适合收集并排出渗漏水的位置，设置集渗沟并进行渗流量监测。

4.7.7 混凝土坝、砌石坝内设有廊道的，应分别在河床坝段和两坝肩段的集水井（排水沟）处设渗流量监测点。无廊道时，渗流量监测设置应符合 4.7.6 中的规定。

4.7.8 量水堰设置与制作，应符合下列要求：

- 1 量水堰宜采用直角三角堰或矩形堰。三角堰适用于水流量小于 70L/s 的量测，矩形堰适用于水流量大于 50L/s 的量测。
- 2 堰槽段应设在集渗沟（排水沟）的直线段；应采用矩形断面，长度应大于堰上最大水头 7 倍，且总长不小于 2m，其中堰板上游长度不小于 1.5m，下游长度不小于 0.5m。
- 3 堰板应铅直，同时与堰槽段侧墙垂直；堰板宜采用不锈钢板制作，宜与所测的渗流量相适应，板面光滑、平整、无扭曲。
- 4 堰后排水沟底板高程宜低于堰前集渗沟底板高程。

5 防渗处理施工

5.1 一般规定

5.1.1 小型水库大坝渗漏处理施工准备应符合下列要求：

- 1 熟悉设计图纸、技术要求，进行设计交底。
- 2 完成通水、通电、通路及场地平整等。
- 3 完成测量控制系统，并放样。
- 4 进行先导孔、生产性试验施工、材料配比试验及前期检测等。
- 5 完成施工组织设计报审。

5.1.2 施工前应详细了解工程场地施工环境、设计要求、前期勘察与试验成果，查明施工区坝体内及地下建(构)筑物的分布情况，编制施工组织设计，并针对存在渗漏管涌风险的复杂坝段或区域制定安全专项施工方案。

5.1.3 应根据施工过程中揭露的地质条件及出现的异常情况，及时优化、调整施工工艺及参数。

5.1.4 若大坝坝顶现有宽度不满足施工平台设置要求，可先将坝顶削低至符合施工所要求的宽度，待施工完成后再恢复至原坝顶高程，弃土不应堆置于坝顶、坝坡。

5.1.5 用于小型水库大坝的防渗材料，其主要原材料应符合下列规定：

- 1 水：应符合 JGJ 63《混凝土用水标准》中的相关规定。
- 2 水泥：应符合 GB 175《通用硅酸盐水泥》中的相关规定。当有抗侵蚀或其他要求时，应使用相应的特种水泥。
- 3 黏性土：大坝防渗处理所用黏性土应不含有杂草、泥沙，有机质含量不大于 2%，水溶盐含量不大于 3%。应用于斜墙、心墙、铺盖及冲抓回填的土料，应是非分散性土料，含水率宜控制在最优含水率±2%之内，压实后渗透系数小于 1.0×10^{-5} cm/s，铺盖土料压实后渗透系数还应小于坝基土层的 1/100；应用于灌浆的土料，宜经破碎、过筛、水化后使用，土料性能指标应符合 SL 564 的相关规定。
- 4 膨润土：应符合 GB/T 20973《膨润土》中的相关规定。
- 5 粉煤灰：应符合 GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》中的相关规定。
- 6 砂、石：应符合 SL 677《水工混凝土施工规范》中的相关规定。
- 7 土工膜：可采用非织造布复合土工膜及聚乙烯土工膜，应符合 GB/T 17643《土工合成材料 聚乙烯土工膜》、GB/T 17642《土工合成材料 非织造布复合土工膜》中的相关规定。

- 8 丙烯酸盐灌浆材料：应符合 JC/T 2037《丙烯酸盐灌浆材料》中的相关规定。
- 9 改性环氧树脂灌浆材料：应用于混凝土结构补强的改性环氧树脂灌浆材料，其性能要求应符合 JC/T 1041《混凝土裂缝用环氧树脂灌浆材料》中的相关规定；应用于地基处理的改性环氧树脂灌浆材料，其性能要求应符合 JC/T 2379《地基与基础处理用环氧树脂灌浆材料》中的相关规定。
- 10 聚氨酯灌浆材料：应符合 JC/T 2041 的规定。
- 11 其他化学灌浆材料：应符合 DL/T 5406 的规定。
- 12 防渗涂料可选用环氧树脂类、聚酯树脂类、聚氨酯类、改性沥青类以及其他化学类涂料等。
- 13 外加剂的品种和掺加率应通过试验确定。

5.1.6 防渗工程施工因故暂时中止时，施工作业及影响区应采取必要的安全保护措施，确保施工现场及大坝安全。

5.1.7 坝体中易变形的部位，应安设变形监测装置，施工中进行实时监控，连续观测并记录，变形量不应超过设计允许值。

5.1.8 施工前应设置废水、废浆沉淀池，在施工过程中做好废水、废浆的处理或回收。

5.1.9 防渗施工记录及相关资料填写应及时、详细、真实，并符合相关规定要求。

5.2 防渗墙

5.2.1 塑性混凝土防渗墙施工应符合 SL 174 中的相关规定。

5.2.2 塑性混凝土防渗墙的施工准备，应符合下列规定：

- 1 收集和了解防渗墙中心线处的地层分层及基岩面、风化层、土层颗粒结构、地下水位等地质情况，绘出防渗墙轴线的地质剖面图。对重要或地质条件复杂的工程，宜补充钻孔勘探，孔间距宜小于 20m。
- 2 施工平台宜布置在防渗墙轴线的一侧，宽度宜大于 10m；采用液压抓斗设备施工时，坝体地基承载力应大于履带接地比压 0.1MPa；施工平台位于原坝坡上时，应先对新近填筑的平台地基进行加固处理。
- 3 按要求修建好泥浆池、制浆平台，安装好制浆、供浆设备，铺设好供水、供浆管路，准备好制浆材料。
- 4 当防渗墙中心线上有裸露的或已探明的大孤石时，在修建导墙和施工平台之前，应对孤石进行挖除或爆破。

- 5.2.3** 塑性混凝土防渗墙顶部应根据地质条件、施工荷载、施工方法等设置导墙，应符合下列规定：
- 1 导墙混凝土的设计强度等级宜大于 C20。
 - 2 导墙的承载能力应能满足施工荷载的要求，导墙底面不宜设置在新近填土上，埋深宜大于 1.5m，顶部应高出地面 5cm~10cm。
 - 3 混凝土防渗墙的施工应根据地质条件的适应性等因素选择成槽设备；成槽施工前应进行成槽试验，确定施工工艺参数。
 - 4 当采用冲击钻机造孔时，槽口宽度宜比设计防渗墙厚度宽 10cm~15cm；当采用抓斗、液压铣等造孔机械时，槽口宽度宜比设计防渗墙厚度宽 5cm~10cm。
- 5.2.4** 根据地质条件、设计要求和工期等因素，造孔方法可采用钻劈法、两钻一抓法或抓取法等。
- 5.2.5** 防渗墙槽孔长度划分应根据成槽地层结构及稳定性、槽孔内混凝土浇筑量、墙段接头数量等确定，应符合下列规定：
- 1 在密实、槽壁稳定的地层中，槽孔可为 5m~6m；在疏松、漏失地层中的槽孔可为 4m~5m。
 - 2 对于深度大于 40m、造孔耗费时间长的槽孔宜短。
 - 3 在地下水水位高、漂卵石多、泥浆漏失量大的地段，槽孔宜短。
 - 4 坝体建基面岸坡较陡时槽孔宜短。
 - 5 在既定的混凝土供应能力条件下，槽孔长度应满足混凝土浇筑面上升速度大于 2m/h 的要求。
- 5.2.6** 如遇陡坡岩面或倒悬岩体时，应采用措施使防渗墙体嵌岩深度满足设计要求。无法入岩的防渗墙与基岩接触段灌浆，宜采用脉动灌浆或套阀管灌浆法施工。
- 5.2.7** 造孔施工中遇到导墙变形或破坏、槽壁坍塌、漏浆、孔斜、挖槽机具卡在槽内等故障时，应及时处理和补救，并应详细记录事故发生的时间、位置、原因、补救措施、处理经过等资料。
- 5.2.8** 需要对防渗墙底基岩进行帷幕灌浆时，应保证防渗墙内的预埋管不发生移位、变形弯曲。
- 5.2.9** 在气温低于 5℃时，宜在塑性混凝土中加入外加剂，缩短塑性混凝土的初凝时间。
- 5.2.10** 混凝土浇筑过程中，应做好各项准备工作，预防堵管或中断事故的发生。

5.3 高压喷射灌浆

- 5.3.1** 高压喷射灌浆施工应符合 DL/T 5200 中的相关规定。
- 5.3.2** 高压喷射前应选取部分一序高喷孔作为先导孔，间距可为 30m，宜采取芯样，绘制地层剖面图；先导孔深度应不小于设计孔深，必要时可进行动力触探试验。
- 5.3.3** 高压喷射灌浆浆液宜使用水泥浆或水泥黏土浆液，应符合下列规定：

1 有特殊要求时，水泥浆或水泥黏土浆液中可加入掺合料、外加剂，其种类及掺入量应通过室内试验和现场高压喷射灌浆试验确定。

2 浆液应在过筛后使用，每间隔 10min 检测其密度。

5.3.4 高喷施工设备，应符合下列要求：

1 高喷施工台车或钻喷一体机应具有调平功能。

2 提升拔管能力应不小于正常提升拔管能力的 1.5 倍。

3 喷射管体应具有足够刚度且连接顺直，喷嘴定向应准确。

4 高压灌浆泵工作压力宜大于 30MPa，采用三管法时高压清水泵工作压力宜大于 35MPa。

5.3.5 高压喷射灌浆施工，应符合下列要求：

1 高压喷射灌浆施工宜分为两序孔施工；多排孔施工时，应先施工下游排，再施工上游排，最后中间排。

2 钻孔宜采用干钻或泥浆护壁钻进，孔径应大于喷射管外径 20mm。

3 喷头应下至设计深度以下 0.5m，并先按施工工艺参数进行原位喷射，待浆液返出孔口、情况正常后方可开始提升喷射。

4 施工过程中，应根据地层密实度及颗粒粒径变化，适时优化调整高喷参数。

5 高压喷射灌浆过程中，若孔内发生严重漏浆，可采取如下措施处理：

1) 孔口不返浆时，应立即停止提升；孔口少量返浆时，应降低提升速度。

2) 加大浆液密度或灌注水泥砂浆、水泥黏土浆等。

3) 当地层中存在动水作用时，应先进行堵水处理，或采用抗水流冲蚀浆液进行高压喷射灌浆。

5.4 灌浆

5.4.1 水泥灌浆施工应符合 SL/T 62 中的相关规定

5.4.2 宜采用干法或泥浆护壁钻进成孔。

5.4.3 脉动灌浆浆液应采用膏状浆液。膏状浆液由膨润土、黏性土、粉煤灰、水泥、水、外加剂等材料组成，其固相材料中土掺量宜为 40%~80%，水泥掺量宜为 20%~60%，外加剂添加量宜为 1%~5%，流动度宜小于 110mm。

5.4.4 脉动灌浆孔可采用回转式钻机泥浆护壁钻进或采用冲击回转式钻机跟管钻进，也可采用钻灌两用一体管及专用钻头钻进至地层灌浆深度；灌浆孔直径宜为 $\Phi 90\text{mm} \sim \Phi 110\text{mm}$ ，孔位偏差不大于

10cm，孔斜不大于 1%。钻进时应详细记录地层变化、回水颜色及回水量大小等。

5.4.5 脉动灌浆段钻进结束后应立即下入灌浆管，管壁厚度不小于 10mm。灌浆管出口离灌浆段底不大于 0.3m。

5.4.6 脉动灌浆工艺参数，应符合下列规定：

- 1 灌浆宜分段进行，分段长度宜为 0.3m~0.5m。
- 2 灌浆宜采用柱塞式灌浆泵，泵送流量 60L/min~150L/min，泵送频次宜为 6 次/min~10 次/min。
- 3 灌浆方式采用纯压式；每段的灌浆压力、灌浆量应根据灌浆试验或类似工程经验的成果确定，脉动压力峰值宜为 1.0MPa~5.0MPa。
- 4 每段灌浆达到以下条件之一，可结束本段灌浆。
 - 1) 达到设定最大灌入量及最小灌浆压力。
 - 2) 达到设定最大灌浆压力及最小灌入量。
- 5 当灌浆遇特殊情况时，可采用下列方法处理：
 - 1) 当灌浆产生抬动值超过设计规定时，可采取减小注入量、降低灌浆压力、减少泵送频次等措施处理。
 - 2) 当灌浆过程中发生孔口冒浆，应采用降低灌浆浆液流动性、缩短浆液初凝时间、减少灌浆泵排浆频次或待凝等措施处理。
 - 3) 当灌浆中断，应尽早恢复灌浆；如中断时间大于 30min，应及时拔出灌浆管并冲洗输浆管道；恢复灌浆时，宜扫孔到中断位置以下 0.3m~0.5m，重新下入灌浆管，继续灌浆。

5.4.7 脉动灌浆单孔脉动灌浆施工记录表见附表 A.1，成果汇总表见附表 A.2，单元工程质量评定表见附表 B.1，材料配制工序质量评定表见附表 B.2。

5.4.8 劈裂灌浆的施工顺序应符合下列要求：

- 1 施工前应埋设监测设施，仪器埋设与要求按 SL 551 中的相关规定执行。
- 2 施工时应先灌河床段，后灌岸坡段和弯曲段。
- 3 对于坝体质量较差的宽顶坝，可采用相邻两孔或多孔同时灌浆。

5.4.9 在劈裂灌浆造孔前，宜在坝顶沿灌浆轴线开挖深约 1.0m、宽约 0.5m 的沟槽，并回填粘土夯实，构成阻浆盖。

5.4.10 劈裂灌浆钻孔孔径宜为 45mm~76mm。钻孔完成后，应及时下入灌浆管，灌浆管应与孔径相匹配，与孔壁结合紧密，孔口处应做保护。

5.4.11 劈裂灌浆浆液宜采用粉质粘土或粘土和水配制，应清除大颗粒和杂物，并通过 36 孔/cm² 过

滤筛过滤。制浆时应每小时测定泥浆密度，浆液密度宜控制在 $1.2\text{g}/\text{cm}^3\sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 。有特殊要求时，浆液中可掺入水玻璃、水泥、膨润土等材料。

5.4.12 劈裂灌浆施工时，应符合下列规定：

- 1 宜采用纯压式、自下而上分段灌浆。灌浆管出浆口提升至距坝顶 10m 时，不再提升，直至灌浆达到结束标准。
- 2 劈裂灌浆宜遵循少灌多复的原则，坝高 30m 以内的坝体灌浆次数不少于 5 次，每次灌浆间隔时间为当浆液达到固结度 80% 时，每次灌浆量宜为 $0.5\text{m}^3/\text{m}\sim 1.0\text{m}^3/\text{m}$ 。
- 3 灌浆过程中应对灌浆孔孔口压力、灌浆量、间隔时间、横向水平位移和裂缝开展宽度等进行记录与控制，并全过程对坝体形变、渗流、裂缝和冒浆等情况进行监测。
- 4 坝体灌浆两次间隔时间宜不少于 5d，具备良好排水条件的土坝，灌浆间隔时间可为 2d~3d。
- 5 灌浆时，坝顶上、下游边线位置横向水平位移宜控制在 3cm 以内，停灌后应能复原；坝顶裂缝宜控制在 3cm 以内，停灌后坝体裂缝能闭合。

5.4.13 充填灌浆材料应符合下列规定：

- 1 土坝充填灌浆宜采用粘土浆或粘土水泥浆液；空隙大的土坝坝体可先充填粘土水泥膏状浆液。
- 2 砌石坝或混凝土坝宜采用水泥膏状浆液或水泥浆液，浆液的水灰比可采用 1:1、0.5:1 两级，一序孔可直接灌注 0.5:1 浆液。空隙大的砌石坝可先灌注水泥砂浆或先回填高流态混凝土。

5.4.14 采用充填灌浆施工时，应符合下列规定：

- 1 充填灌浆宜采用自下而上分段灌注的方法，段长可为 5m~10m；对深度小于 10m 的灌浆孔，可不分段。
- 2 相互连通的较大范围空隙、洞穴充填灌浆施工，应自较低的一端开始，向较高的一端推进。当高处孔溢出浆液接近或等于注入浆液的水灰比后，可将低处孔堵塞，改从高处孔灌浆，依此类推，直至结束。同一次序孔可全部或部分钻完后再进行灌浆，也可单孔分序钻进和灌浆。
- 3 灌浆过程中应对孔内灌浆段浆柱压力、灌浆量、灌浆时间、位移变形等进行监控记录并分析。灌浆应连续进行，因故中止灌浆的灌浆孔，应扫孔后再进行复灌，直至达到结束条件。
- 4 灌浆结束条件：在规定的压力下，注入率小于 $2\text{L}/\text{min}$ ，延续灌注 10min 即可结束。
- 5 当每孔灌浆结束后，应进行灌浆封孔。封孔时应将灌浆管拔出，向孔内灌注密度大于 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的稠浆，多次灌注，直至浆面升至孔口不再下降为止。
- 6 充填灌浆应避免坝顶出现裂缝。

5.5 化学灌浆

5.5.1 化学灌浆应按 SL 230、DL/T 5406 中的相关规定执行。

5.5.2 化学灌浆适用于采用颗粒材料灌浆后难以达到防渗要求的地层或建筑物的防渗处理。对于有特殊要求或工程量大的化学灌浆工程在施工前应采用不同工艺及材料进行现场生产性试验。

5.6 土工膜及防渗涂料

5.6.1 土工膜在使用前，应进行室内性能测试，确定材料的性能参数，并应符合下列要求：

- 1 膜材宜选用聚乙烯膜(PE)和聚氯乙烯膜(PVC)。
- 2 与水接触的工程，宜采用聚乙烯膜。
- 3 接触富含酸、碱、盐及重金属元素的液体时，宜在考虑抗化学作用的原则下优选膜材，宜采用高密度聚乙烯膜(HDPE)。

5.6.2 土工膜应铺设在密实的软基础面上，施工前应将支持层基面进行开挖、整平、压实，并应符合设计要求及材料的使用要求；支持层上有阴、阳角时，应修圆，其半径宜不小于 0.5m，并在紧贴土工膜下面加设土工织物垫层。

5.6.3 埋设式土工膜表面应设保护层，保护层的边坡应满足稳定性要求。保护层厚度应根据边坡稳定性、水深、流速、日晒、冰冻、施工条件等确定。

5.6.4 土工膜铺设时，应在无风、无雨、无雪的条件下进行，室外施工温度宜不小于 5℃。

5.6.5 坡面上的土工膜铺设，其接缝应平行或者垂直最大坡度线、并按照由下而上的顺序铺设；铺设土工膜应自然松弛与支持面贴紧，不打褶、悬空；膜与膜之间应具有一定的搭接，搭接长度宜不小于 10cm；铺膜宽度大于 20m 时，宜采用幅宽为 6m~8m 的土工膜，膜与膜相连时，应采用同一种土工膜。

5.6.6 土工膜的连接宜采用双面焊接方式，并应符合下列要求：

- 1 焊接工具宜采用自动调温电热式双轨道塑料热合机、热熔挤压焊接机或高温热风焊机。
- 2 焊接搭接面不应有油污、砂土等杂质。
- 3 接缝焊接前应进行焊接试验，宜取 1m 材料做焊接试验。
- 4 不应出现虚焊、漏焊或超焊。
- 5 横向焊缝的缝间错位尺寸应大于 50cm。

5.6.7 保护层的垫层厚度及材料应符合设计要求，垫层材料应符合设计要求，其中不应含有刺穿或

者破坏土工膜的其他尖锐物或杂物，垫层的施工不应破坏已铺设好的土工膜；保护层面层应根据设计要求的材料填筑；填筑保护层的速度应与铺设速度相互适应，保护层的填筑不应采用大型设备，宜采用手推车等人工方法填筑，必须采用大型设备施工时，应通过现场试验确定施工工艺方法。

5.6.8 应用于小型水库大坝的防渗涂料可选用环氧树脂类、聚酯树脂类、聚氨酯类、改性沥青类以及其他化学类涂料等。

5.6.9 防渗涂料可应用于混凝土等刚性结构的防渗处理，防渗涂层施工宜在干燥条件下实施；使用前宜进行浮渣清理，并采用专用的打磨工具打磨基面，打磨完成后采用高压水或风进行基面清洗，用水清洗后的基面再进行烘干处理。

5.6.10 防渗涂料施工前应拌制均匀，基面粗糙度或平整度达到要求，宜采用专用基底材料先进行修补，并涂刷界面剂或者结构剂后再根据要求进行喷涂施工。

5.6.11 防渗涂料施工中应保护好基面以及半成品，不应沾染油污等杂物。

5.6.12 防渗涂料施工完成后，应进行成品养护，养护方法按产品的技术要求执行。

5.7 冲抓回填

5.7.1 冲抓回填施工前应平整场地，坝顶宽度不应小于 4m；按设计要求一次完成放样，并用编好号的标志物打入每个井孔中心位置。

5.7.2 用于冲抓回填的土料，在使用前，应选择排水条件较好的高地堆存，并采取防雨措施。

5.7.3 冲抓回填应按照“先主井、后套井”的顺序打井造孔；造孔应连续作业并控制井孔的垂直度。

5.7.4 打井完毕后，应清除井底浮土、碎石，并保持无水；清理后应立即连续分层回填黏土并夯实，回填土料应符合设计要求，分层回填厚度宜为 0.3m~0.5m，分层铺土应均匀、平整；夯击时夯锤落距 2m~3m，夯击次数为 20 次~25 次；当距墙顶小于 2m 时，夯距宜小于 2m。

5.7.5 冲抓回填施工过程中，遇特殊情况时，处理方法应符合下列要求：

- 1 坝内设有涵洞时，冲抓回填施工应采取措施避免对涵洞造成影响。
- 2 遇坝体土质松散、渗水，导致井壁坍方时，可采用黏土固壁、打补强孔或渗水侧设置排水井等方法处理。
- 3 遇井壁有大块石影响冲抓井垂直度，宜采用安全措施，清除块石。

5.7.6 冲抓回填工程的施工记录表，见附录 C。

5.8 排水和监测设施

5.8.1 量水堰堰与堰槽的制作应符合下列规定：

- 1 量水堰堰板应与堰槽段两侧侧墙及来水流向垂直，堰板顶应保持水平。
- 2 堰上水尺、水位测针或堰上水位计应设在堰口上游 3~5 倍堰上水头处，并保持铅直方向。
- 3 堰槽段底板和两侧侧墙应采用混凝土加以砌护，不允许渗水，底板纵向坡度不大于 1%。堰槽段侧墙应铅直。
- 4 堰槽段进口与坝脚排水沟宜采用垂直连接。

5.8.2 宜在水库低水位时钻孔埋设测压管，施工时应确保原有监测设施的完好。

5.8.3 监测设施施工时应填写好安装埋设考证表。

5.8.4 埋设监测设施需要钻孔时，钻孔应符合下列规定：

- 1 土坝钻孔应采用冲击干钻方法，不宜采用泥浆护壁。
- 2 混凝土坝钻孔后应用清水冲洗清除孔内岩粉。
- 3 土石坝钻孔深度超过 50m，倾斜度应不大于 3° 。
- 4 混凝土坝钻孔倾斜度应不大于 1/100。

5.8.5 应进行测压管灵敏度试验，并符合下列要求：

- 1 测压管封孔回填完成后，应在水位较为稳定时进行灵敏度试验。
- 2 试验方法按 SL 766 的规定执行。

5.8.6 测压管内安装渗压计应符合下列要求：

- 1 渗压计在安装前应饱水 24h。
- 2 渗压计悬吊高程允许偏差不大于 $\pm 50\text{mm}$ 。
- 3 渗压计安装完毕后，应及时进行测量，并与人工量测结果进行比对。

5.8.7 测压设施安装埋设后应安装孔口保护装置。

5.8.8 已有不能正常工作的渗压观测设施，在土石坝中宜采用黏土水泥浆进行回填；在混凝土坝中，宜采用水泥砂浆回填。

6 质量检查

6.1 一般规定

6.1.1 小型水库大坝渗漏处理施工质量检查包括对防渗工程材料、施工主要工序、工艺、参数的质量控制和检查，防渗标准，经防渗处理后的防渗体透水性大坝渗漏量及渗压检查等。防渗体透水性检查主要通过检查孔压水试验进行。

6.1.2 土石坝渗漏处理效果可通过防渗工程实施前后的大坝渗漏量、坝基渗透压力结合防渗工程幕体质量检查结果等进行**综合评定**。

6.1.3 混凝土坝渗漏处理效果可通过防渗工程实施前后的坝体与坝基渗漏量、坝基扬压力结合防渗工程幕体质量检查结果等进行**综合评定**。

6.1.4 溢洪道渗漏处理效果可通过防渗工程实施前后建筑物两侧及基底渗漏量、渗透压力结合防渗工程质量检查结果等进行**综合评定**。

6.1.5 隧洞等输水建筑物渗漏处理效果可通过防渗工程实施前后对隧洞内外水压力及进出口扬压力结合防渗工程质量检查结果进行**综合评定**。

6.1.6 涵洞封堵的渗漏处理效果可通过防渗工程实施前后渗透压力、渗漏量结合防渗工程质量检查结果等进行**综合评定**。

6.1.7 对质量检查不合格的部位，应进行补强加固处理，直至合格。

6.1.8 检查孔结束后应采用与防渗体力学性能相近的材料进行封孔。

6.1.9 渗漏处理工程施工完成后，应进行资料整编，并通过资料分析综合评定施工质量。

6.2 塑性混凝土防渗墙

6.2.1 塑性混凝土防渗墙质量检查要求应符合 SL 174、SL 633《水利水电工程单元工程质量验收评定标准》中的相关规定。

6.2.2 墙体材料质量检查及评价应符合下列规定：

- 1 水泥、粗细骨料均应检测合格后，方能投入使用；黏土塑性混凝土防渗墙还需进行黏土的检测；
- 2 每个槽段混凝土浇筑时，每 100m³ 均应对坍落度及扩散度进行一次检查；
- 3 抗压强度试块每个槽段应成型 1 组，抗渗性能试块和弹性模量试块应每 8 个槽段成型 1 组，所有混凝土试件均需现场取样制作。

6.2.3 墙体质量检查应符合下列规定：

- 1 墙体质量检查应在成墙后 28d 进行，检查内容包括：墙体混凝土抗压强度、渗透系数、成墙完整性及连续性检查；
- 2 检查可采用钻孔取芯、注水试验等检测方法，检查孔的数量宜为每 15~20 个槽段布置 1 个，总共应不少于 3 个检查孔，检查孔布置应具有代表性；
- 3 检查孔孔深宜不大于 20m 且孔底高于墙底高程 0.5m 以上，注水试验宜分段进行。

6.3 高压喷射灌浆

6.3.1 高压喷射灌浆质量检查除应符合 DL/T 5200、SL 633 中的相关规定及设计要求外，还应符合下列要求：

- 1 宜通过在防渗墙幕体两侧布设渗压测量装置，观测对比施工前后的水位差、渗漏量等，检查分析渗漏处理效果。
- 2 检查孔宜布置在地质复杂或施工过程中漏浆严重，可能存在质量缺陷的部位，孔深宜不大于 20m。

6.3.2 有力学性能要求的防渗墙体，可采用钻孔取芯，对芯样进行力学性能测试。

6.4 灌浆

6.4.1 水泥灌浆质量检查应符合 SL/T 62、SL 633 中的相关规定及设计要求，可采用钻孔取芯、探井（槽）开挖检查、芯样测试、物探、压水或注水试验等方法进行。

6.4.2 脉动及套阀管灌浆质量检查以检查孔注水试验成果为主，结合对钻孔孔位偏差、孔斜、孔深、灌浆材料、浆液性能、灌浆压力、灌入量、结束标准等工序原始记录和成果资料进行综合评定。

6.4.3 脉动及套阀管灌浆质量检查，应符合下列规定要求：

- 1 检查孔宜布置在钻孔易塌孔漏失、灌量大等地质复杂部位的帷幕中心线上。
- 2 检查孔宜采用清水循环或跟管护壁钻进。
- 3 防渗帷幕可采用在帷幕两侧布置渗压观测装置，观测对比前后水位差和施工前后测量坝后渗水量分析对比评价防渗效果。

6.4.4 劈裂灌浆质量检查以灌浆前后坝后渗流量、浸润线或渗压变化对比检查为主，结合对钻孔孔位偏差、孔斜、孔深、灌浆材料、浆液性能、灌浆压力、灌入量、结束标准等工序原始记录成果资料和泥墙厚度、密度、连续性、均匀性，坝体变形、坝顶裂缝等进行综合评定。

6.4.5 混凝土坝、砌石坝、堆石坝等非土坝坝体或隧洞岩溶、岩体裂隙等非覆盖层充填灌浆质量检查采用检查孔压水试验成果为主。

6.5 化学灌浆

6.5.1 化学灌浆质量检查包括灌浆材料、各工序的质量控制和检查、灌浆防渗体质量检查。

6.5.2 化学灌浆质量检查以灌浆材料测试资料及防渗体检查孔压水试验为主，结合钻孔、清洗钻孔及裂缝、嵌缝封堵、灌浆等工序或物探成果资料综合评价。

6.5.3 化学灌浆质量检查，应符合下列规定：

- 1 化学灌浆材料性能应满足设计要求。
- 2 压水试验检查孔宜大于总灌浆孔数的 10%，应均匀分布且具有代表性。
- 3 对贯穿裂缝、深层裂缝及对整体结构有影响的裂缝，每条裂缝至少应布置 1 个检查孔，其他裂缝应随机布置 3 个检查孔，当裂缝长度超过 100m 时，应每 100m 布置 3 个检查孔。
- 4 在覆盖层或其他软弱地层中进行质量检查宜采用注水试验。
- 5 化学灌浆防渗检查宜在灌浆结束 7 天且材料已固化后进行。
- 6 采用声波等物探方法进行检查时，应采用灌前与灌后成果对比方式进行。

6.6 土工膜铺盖防渗

6.6.1 土工膜铺盖防渗质量检查包括：防渗膜(布)质量、防渗膜(布)接缝处连接质量、防渗膜(布)与坝体结合质量、防渗膜(布)铺设边线、及坝体迎水坡面修坡后的平整度等。

6.6.2 防渗膜(布)接缝处连接质量检查，应符合下列规定：

- 1 当采用焊接方式时，宜采用两道焊缝，两膜(布)边缘重叠距离及焊接强度应满足设计要求，若设计无明确要求时应不小于 100mm；焊接完成后应仔细检查焊接质量，检查内容包括：焊缝外观质量、焊接处强度、搭接长度。焊接处应无破损、漏焊等情况。
- 2 当采用黏结方式时，两膜(布)搭接的长度、黏结处强度应满足设计要求，涂胶黏结后应对黏结部位逐一仔细检查，黏结部位不应存在漏胶。
- 3 采用缝接或搭接方式时，缝接或搭接长度应满足设计要求，若设计无明确要求时，缝接时两膜(布)边缘重叠应不小于 200mm；搭接时，搭接长度宜不小于 2m。

6.6.3 防渗膜(布)与坝体结合应平顺，松紧适度并应与坝体土面结合良好；铺设前后应仔细检查确

保无破损情况。

6.6.4 防渗膜(布)铺设边线应满足设计要求且略大于防渗面。

6.6.5 坝体迎水坡面修坡后应平整、坚实无异物。

6.7 冲抓回填

6.7.1 冲抓回填质量检查应包括：回填土料、冲抓回填工序及填筑体质量等。

6.7.2 回填土料检查应检测：土料粒径、粘粒含量、最大干密度与最优含水率、液塑限、塑限指数等。

6.7.3 冲抓回填工序应对冲抓孔孔斜、孔位偏差、深度、填筑工艺等进行详细记录，并应符合设计要求。

6.7.4 回填墙体质量，应符合下列规定：

- 1 冲抓回填整体效果检查宜通过在冲抓回填墙体两侧布设渗压测量装置观测对比水位差及施工前后渗漏量，检查分析防渗效果；
- 2 可每个单元布置 1 个检查孔进行墙体渗透系数及干密度(压实度)检查，检查孔应具有代表性，渗透系数可采用注水试验检查，干密度检查可采用取土器采取土样，并应在注水试验前进行。

附录 A 脉动灌浆施工用表

(资料性附录)

表 A.1 单孔脉动灌浆施工记录表

地面高程:		孔号:		幕顶标高 (m):		幕底标高 (m):		长度 (m):		日期:							
时间 (时 分)			长度 (m)		段长 (m)	灌浆材料 (kg)				制浆量 (L)	流动度 (mm)	压力 (MPa)		注入浆量 (L)	累计注入浆量 (L)	备注	
起始	终止	间隔 (min)	段底	段顶		水泥	土	水	外加剂			最小	最大				
建设单位:			监理单位:			质检员:			班组长:			记录人:					

附录 B 脉动灌浆评定用表

(资料性附录)

表 B.1 脉动灌浆单元工程质量评定表

合同编号：

单位工程名称		编码		工程部位	
分部工程名称		编码			
单元工程名称		编码			
施工单位				评定日期	年 月 日
项次	工序名称	工序质量等级			
1	浆体配制				
2	钻孔施工				
3	灌浆施工▲				
4					
施工单位 自评意见	各工序质量全部合格，其中优良工序占_____ %，且主要工序达到_____等级，单元工程试块质量检验合格，各项报验资料_____规范要求 签字 加盖公章 年 月 日				
监理单位 意见	经抽查并检查相关报告和检验资料，各工序质量全部合格，其中优良工序占_____ %，且主要工序达到_____等级，单元工程试块质量检验合格，各项报验资料_____规范要求 签字 加盖公章 年 月 日				
注：▲为主要工序					

表 B.2 灌浆材料配制工序质量评定表

合同编号：

单位工程名称				单位工程编码			
分部工程名称				分部工程编码			
单元工程名称				单元工程编码			
施工部位				桩号			
施工单位				质量评定日期	年 月 日		
项次		项目名称	单位	质量标准	实测值	合格率	
主控项目	1	原材料称量	kg	误差 ≤ 5%			
	2	流动度	mm	≤ 75mm			
一般项目	3	搅拌时间	min	≥ 5min			
施工单位 自评意见		主控项目 100%合格，一般项目合格率 % 质量等级为：				签字 加盖公章 年 月 日	
监理单位 意见		经抽查并查验相关检测报告或记录， 主控项目 100%合格，一般项目合格率 % 原材料质量等级核定为：				签字 加盖公章 年 月 日	

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件可以这样做

团体标准

小型水库大坝渗漏处理技术导则

T/CWEA: XXXX—2021

条文说明

目次

3 基本规定.....	3
4 渗漏处理设计.....	4
4.1 一般规定.....	4
4.2 方案选择.....	4
4.3 坝体防渗.....	10
4.4 坝基防渗.....	10
4.5 其他建筑物防渗.....	11
4.7 监测设施.....	11
5 防渗处理施工.....	12
5.1 一般规定.....	12
5.2 防渗墙.....	12
5.3 高压喷射灌浆.....	19
5.4 灌浆.....	21
6 质量检查.....	21
6.1 一般规定.....	21
6.2 塑性混凝土防渗墙.....	22
6.3 高压喷射灌浆.....	22
6.4 灌浆.....	23
6.5 冲抓回填.....	23

3 基本规定

3.0.1 土石坝采用灌浆防渗时，宜选择在少雨旱季和水库低水位时施工。低水位是指库水位低于隐患的最低高程。但有时不易达到，如多年调节水库，弃水引起的经济损失太大。年调节水库不能在一个枯水期完成土坝灌浆的，也可允许在较高水位情况下灌浆，但要严格控制灌浆压力和注入量，并注意监测大坝内外坡稳定情况。在对砼面板、趾板进行渗漏处理或采用土工膜防渗时，需要放空水库。

为了便于观察灌浆效果和寻找坝体渗漏通道，在不影响大坝稳定安全的情况下，也可以在库水位较高的情况下进行施工。

3.0.2 对于同一防渗轴线，在同一断面上，采用多种垂直防渗工艺对大坝进行渗漏处理时，一般宜先施工防渗体的上部，后施工防渗体的下部；例如采用上墙下幕时，宜先施工防渗墙，后施工帷幕灌浆；但在部分工程也有例外，如采用下防渗墙，上部回填土防渗方案，则应先施工防渗墙再回填上部粘土心墙。

4 渗漏处理设计

4.1 一般规定

4.1.1 设计前收集到较为详细的原大坝资料，便于根据实际情况进行分析并拟定合适的处理方法。施工前重点要收集防渗轴线上强渗漏区的地质资料，宜包括地层的颗粒级配、岩性和标准贯入击数、地下水质、地下水流速和地层渗透系数等资料。应收集的其他相关资料包括临近地下工程、场地环境、施工用地大小、工期、当地材料、当地施工机械、施工难易程度和工程造价等信息。

4.1.2 查明小型水库大坝渗漏原因及范围，是指导大坝防渗设计的主要依据。大坝安全鉴定地勘成果可作为大坝防渗设计地勘工作的参考依据，应重点对坝基、坝肩及坝体渗漏点进行勘察，查明渗漏原因，指导大坝防渗设计。不同地质条件、施工条件或经济、环保等因素也会影响防渗工程方法的选择，应根据收集的资料及地勘成果拟定合适的处理方案。

4.1.3 大坝防渗工程分类应考虑所有存在渗漏的建筑物结构及基础，穿坝建筑物及输水建筑物往往是渗漏的主要原因。

采用多种防渗工艺方法时，应做好不同防渗方法的有效结合，一般搭接长度不小于 2m，且在施工搭接段时应注意施工工艺，控制好施工参数等。同时，还要做好与坝体防渗结构、两岸坝肩防渗结构的完整搭接，形成封闭的防渗体系。

4.2 方案选择

4.2.1 小型水库大坝类型主要分为刚性坝、柔性坝，不同坝型的坝体材质、防渗方法及渗漏原因存在差异。

4.2.2 垂直防渗与水平防渗措施相比，截渗效果比较显著，特别是渗流量的减少，更为突出，宜优先选择。

目前，混凝土防渗墙已广泛应用于病险水库加固中。混凝土防渗墙加固的优点是适应各种复杂地质条件；可在水库不放空保证大坝稳定的条件下分槽段进行施工；防渗体采用置换方法，施工质量相对其他隐蔽工程施工方法比较容易监控，耐久性好，防渗可靠性高。我国最早使用混凝土防渗墙对大坝进行防渗加固的是江西柘林水库黏土心墙坝，之后又在丹江口水库土坝加固中得到应用。早期防渗墙主要采用乌卡斯钻机施工，施工速度较慢，费用较高。随着施工技术的发展，特别是液压抓斗的使用，使得成墙速度提高，费用降低。

高喷灌浆最初主要用于粉土层和砂土层的防渗，近年来在砂砾层中也有许多成功应用。高压喷射灌浆优点是：不需要降低大坝高度形成大的工作平台，施工速度较快；缺点是：不同地层条件选用的施工技术参数不同，并需要经过现场试验确定，对施工队伍的素质要求较高；防渗体的整体性能上不如混凝土防渗墙，且不能入岩，在黏土地层中防渗体强度较低，耐久性差；深度较大时，因孔斜及喷管刚性度限制板墙或桩墙倾斜易出现搭接不良现象。

劈裂灌浆不仅起到防渗加固作用，也加固了坝体。该加固方法的优点是施工简便，省投资。缺点是：一般只适用于坝高 50m 以下的均质坝和宽心墙坝，并要求在低水位进行；灌浆压力不易控制，可能导致灌浆过程中坝体出现失稳、滑坡；有时灌入坝体中的泥浆固结时间较长，耐久性较差；劈裂灌浆与基岩和刚性建筑物接触处防止接触冲刷存在难度；对施工队伍的素质要求较高。

土工膜具有较好的防渗性能和适应坝体变形能力等优点，近年来广泛应用于土坝防渗加固。土工膜加固的优点是：柔性好，能适应坝体变形；施工方便，速度快，造价省。缺点是：施工时需要放空水库；抗老化性能不如混凝土等材料；规范规定用于挡水水头超过 50m 的大坝需要进行专门论证。

水库具备放空条件时，土石坝坝体的防渗可考虑临水侧填筑粘土斜墙、铺设土工膜防渗等措施。如果水库不具备放空条件，或者说放空代价较大时，可优先考虑垂直防渗措施。垂直防渗措施的选择跟坝型、坝高、施工条件等密切相关，下面列举了湖南省近年来水库大坝除险加固的防渗方法（见表 4.2.2）。

表 4.2.2 湖南省近年来部分水库大坝防渗加固措施表

序号	项目名称	坝型	最大坝高 (m)	坝体防渗措施	备注
1	道源水库	均质土坝	31.8	高喷+土工膜	
2	樟槽水库	均质土坝	25.9	高喷+土工膜	
3	长安水库	均质土坝	17.5	冲抓回填	
4	甘竹山水库	均质土坝	20	冲抓回填	
5	栈板塘水库	均质土坝	14.8	冲抓回填	
6	缸钵冲	均质土坝	16	冲抓回填	
7	月半庵	均质土坝	12	冲抓回填	
8	泉堰	均质土坝	11.62	冲抓回填	
9	吴家冲	均质土坝	11.5	冲抓回填	
10	仙羊	均质土坝	11.5	冲抓回填	
11	新堰冲	均质土坝	12.5	冲抓回填	
12	李家冲	均质土坝	11.4	冲抓回填	
13	六家窝	均质土坝	14.6	冲抓回填	

14	仙宫殿	均质土坝	13.4	冲抓回填	
15	鄢家窝	均质土坝	13.8	冲抓回填	
16	肖家冲	均质土坝	12.1	冲抓回填	
17	金牛山	均质土坝	14.9	冲抓回填	
18	双槽门	均质土坝	10.8	冲抓回填	
19	马家冲	均质土坝	12.3	冲抓回填	
20	碧溪	均质土坝	12.3	冲抓回填	
21	李家湾	均质土坝	13.6	冲抓回填	
22	草堰	均质土坝	12.6	冲抓回填	
23	孙家堰	均质土坝	12	冲抓回填	
24	竹仕堰	均质土坝	14	冲抓回填	
25	刻木	均质土坝	20	高喷灌浆	
26	黄伏峪	均质土坝	16.6	冲抓回填	
27	黄堰	均质土坝	11	冲抓回填	
28	白岩	均质土坝	15	冲抓回填	
29	双楼	均质土坝	17.4	冲抓回填	
30	八坪	均质土坝	13.4	冲抓回填	
31	停队	均质土坝	11.46	冲抓回填	
32	蛮子冲	心墙坝	22.8	高喷灌浆	
33	长冲	均质土坝	18.2	高喷灌浆	
34	高峰	均质土坝	21.1	主坝高喷，副坝土工膜	
35	上关门岩	均质土坝	18.23	高喷灌浆	
36	青山	均质土坝	20	高喷灌浆	
37	黄筒溶	均质土坝	16.5	冲抓回填	
38	曾家冲	均质土坝	15.76	冲抓回填	
39	武陵界	均质土坝	19.4	高喷灌浆	
40	西堰冲	均质土坝	24	高喷+土工膜	
41	鸡公洞	心墙坝	16.1	高喷灌浆	
42	丰胜	均质土坝	15.8	高喷灌浆	
43	当峪	心墙坝	18.41	高喷灌浆	
44	牛鼻洞	心墙坝	15.76	高喷灌浆	
45	白洋坡	均质土坝	20.2	冲抓回填	
46	青年	均质土坝	15.45	高喷灌浆	
47	腊树咀	均质土坝	13.6	高喷灌浆	
48	山谷	均质土坝	13.82	高喷灌浆	
49	铁路冲	均质土坝	14.1	高喷灌浆	
50	九渡水	均质土坝	14	高喷灌浆	
51	山上	均质土坝	10	粘土斜墙	
52	天然	均质土坝	10.39	粘土斜墙	

53	玄冲	均质土坝	11	充填灌浆	
54	齐心	均质土坝	10	粘土斜墙	
55	甲山	均质土坝	13.2	充填灌浆	
56	上洞	均质土坝	11.3	充填灌浆	
57	丁家洞	均质土坝	16.33	充填灌浆	
58	石嘴头	均质土坝	12.5	充填灌浆	
59	川山	均质土坝	10.6	充填灌浆	
60	天井	均质土坝	11.5	充填灌浆	
61	龙塘	均质土坝	10	充填灌浆	
62	沙坑	均质土坝	13.5	充填灌浆	
63	并塘	均质土坝	13.8	充填灌浆	
64	泉山冲	均质土坝	14	充填灌浆	
65	沙帽山	均质土坝	14	充填灌浆	
66	石堰	均质土坝	11	充填灌浆	
67	红花山	均质土坝	14.5	充填灌浆	
68	双塘	均质土坝	10	充填灌浆	
69	洛家洞	均质土坝	17.8	高喷灌浆	
70	炉家冲	均质土坝	23.5	劈裂灌浆	
71	麦塘	均质土坝	17.8	劈裂灌浆	
72	光荣	均质土坝	15.82	劈裂灌浆	
73	古木塘	均质土坝	17.9	高喷灌浆	
74	许家塘	均质土坝	15	高喷灌浆	
75	一塘	均质土坝	16	高喷灌浆	
76	国正坪	均质土坝	22	高喷灌浆	
77	金石	粘土均质坝	12.8	高喷灌浆	
78	水口山	粘土心墙坝	21.3	高喷灌浆	
79	大油冲	均质土坝	30	脉动灌浆	
80	丁洞	均质土坝	20	脉动灌浆	
81	苗冲	均质土坝	18	脉动灌浆	

4.2.3 对于需进行加固的土石坝，考虑施工设备布置需要，防渗墙宜布置在大坝轴线上游侧。墙体厚度主要依据其容许水力梯度、工程类比和施工设备确定，即： $\delta=H/J$ ，式中：

δ ——防渗墙厚度，m；

H——最大运行水头，m；

J——防渗墙容许水力坡降，刚性混凝土防渗墙可达 80~100，塑性混凝土防渗墙可达 50~60。

4.2.4 高喷灌浆是大坝防渗加固最常用的方法之一，高喷灌浆防渗设计在 DL/T 5200 中有详细的说明。

从近些年来工程实施的情况来看，当高喷钻孔超过一定深度时，孔斜率不易控制，从而影响了下部的成墙效果，因此，相比 DL/T 5200，在处理深度方面进行了调整。例如：将高喷灌浆的适用深度从严要求至小于 30m；深度小于 15m 时 (DL/T 5200 规范为 20m)，可采用摆喷折接或旋摆搭接形式，折接摆角不宜小于 30°；深度 15m~25m 时 (DL/T 5200 规范为 20m~30m)，可采用单排旋喷套接；当深度大于 25m 时 (DL/T 5200 规范为 30m)，宜采用两排或三排旋喷套接形式。单排孔高喷墙每个单元工程的防渗面积不宜大于 1000m²。

高喷墙体的渗透系数、抗压强度与多种因素有关。高喷墙体的渗透破坏比降参考值为 500~2000，允许比降 30~50。

高喷灌浆孔的排数、排距和孔距，主要取决于旋喷、摆喷、定喷形式的桩柱体或墙段的直径或长度范围，受地层影响较大，应主要通过现场试验和工程类比加以确定。

表 4.2.5 旋喷桩的直径

土 质		单管法	双管法	三管法
粉土和粉质黏土	0<N<10	0.7~1.1	1.1~1.5	1.5~1.9
	10≤N<20	0.5~0.9	0.9~1.3	1.1~1.5
	20≤N<30	0.3~0.7	0.7~1.1	0.9~1.3
砂土	0<N<10	0.8~1.2	1.2~1.6	1.6~2.0
	10≤N<20	0.6~1.0	1.0~1.4	1.2~1.6
	20≤N<30	0.4~0.8	0.8~1.2	1.0~1.4
砂砾	20<N<30	0.4~0.8	0.8~1.2	1.0~1.4

注：N 为标准贯入击数；摆喷及定喷的有效长度为旋喷桩直径的 1.5 倍左右；振孔高喷孔距通常为 0.4 m~0.8 m。

4.2.5 冲抓回填因其造价低、施工方便，在中低坝坝体防渗应用较为广泛，其深度一般小于 25m，从工程实例来看，深度小于 15m 的防渗效果较好，质量较为可靠，因此本条规定冲抓回填适用于坝高小于 15m 的土坝。如遇坝高超过 15m 且采用冲抓回填的，可通过增加套井排数、加大孔径或搭接厚度等措施予以解决。

4.2.6 脉动灌浆工艺是一种新型的灌浆工法，是采用具有一定流动可灌性、又具有一定高塑性变形强度及时变性的特殊复合膏浆，采用全液压无极调速高压脉动灌浆泵，借助脉动瞬间高压促使浆液通过特殊灌浆头灌注，能有效控制浆液的扩散范围，保证浆体在钻孔周围较均匀扩散充填透水孔隙，从而形成防渗效果较好的连续幕体。脉动灌浆终灌压力一般不小于 3.0MPa，根据不同的水头采用不同的灌浆压力，实际施工过程中，应先进行试验，确定各工艺参数。

当帷幕顶部坝体不能满足校核洪水位的防渗要求时，可采用挖槽至帷幕顶部，再回填黏土防渗料夯实，形成黏土防渗墙与帷幕搭接的方式处理。

4.2.7 套阀管法灌浆可有效避免孔故率的发生，精确控制浆液灌入量，保证各灌段的均匀性在保证灌浆质量和施工进度的前提下，可提高施工效率，有效减少原材料使用量，节约成本。本节提出了不同水头下，灌浆布置排数和终灌压力参考值，实际施工可通过试验确定各工艺参数。

4.2.8 为使土工膜受力均匀，免受局部集中应力的损坏，并兼有排水、排气作用，土工膜下应设置支持层或垫层。下部垫层材料可采用厚度不小于 15cm 碾压密实的细砾石或细粒土、土工织物、土工网或土工格栅等。

为防御波浪淘刷、风沙吹蚀、人畜破坏、冰冻损坏、紫外线辐射、风力掀动以及膜下水压力顶托而浮起等，一般在上垫层上部设置防护层。防护层常采用混凝土板、干砌块石、浆砌块石等结构，为防止土工膜老化，防护层应选择合适厚度，预制混凝土板厚度不宜小于 20cm，现浇混凝土板厚度不宜小于 15cm，干砌块石厚度不宜小于 40cm，浆砌块石厚度不宜小于 30cm。混凝土板可铺设在复合土工膜的土工织物上，不需设垫层；对于非复合土工膜，应在土工膜上先浇筑厚 5cm 左右的薄层细砾无砂混凝土垫层。干砌块石面层不宜与土工膜直接接触，在复合土工膜的土工织物上可铺设粒径小于 4cm 的碎石垫层，厚度 15cm 左右；对于非复合土工膜，应在土工膜上先浇筑厚 8cm 左右的薄层细砾无砂混凝土垫层。浆砌块石面层可在复合土工膜的土工织物上可铺设粒径小于 2cm 的碎石垫层，厚度 5cm 左右；对于非复合土工膜，应在土工膜上先浇筑厚 5cm 左右的薄层细砾无砂混凝土垫层。

土工膜防渗层是土工膜防渗技术的关键，跟土工膜材料和厚度直接相关。常用的土工膜有聚氯乙烯（PVC）和聚乙烯（PE）两种，在物理性能、力学性能、水力性能相当的情况下，大面积土工膜施工宜尽量选择 PE 膜。PE 膜为热焊，施工质量稳定，焊缝质量易于检查，施工速度快，工程费用较低。SL/T 225 规范中给出了铺盖土工膜厚度的计算方法，基于薄膜理论的曲线交会法来确定土工膜的厚度。土工膜厚度直接影响工程质量和防渗效果，根据水压大小用理论计算的膜厚一般较薄，按其采用，安全度很难保证，实用时需留有较大的安全系数，一般土石坝防渗土工膜厚度不应小于 0.5mm。当土工膜两面接触介质都是有棱角的粗粒料时，应选择双面复合土工膜。

4.3 坝体渗漏

4.3.1 在土石坝坝体单薄、坝坡不满足稳定要求时，可优先考虑临水面加筑粘土斜墙的防渗方案，在加培坝坡的同时，一并解决坝体渗漏问题。当然，选择加筑粘土斜墙的方案还需

看工程区附近是否有合适的粘土料源。在大坝坝体及坝坡稳定满足要求时，坝体防渗多采用垂直防渗，坝高 30m 以下的还可考虑在临水坡面铺设土工膜进行防渗，坝高大于 30m 的也可采取垂直防渗+临水坡面铺设土工膜防渗的组合方案。

4.3.2 面板堆石坝渗漏的主要原因是砼面板、趾板破裂或缝面漏水引起，对于因面板混凝土碳化或细小裂纹等缺陷产生的渗漏，可采用高分子化学材料进行修补，要求采用与加固体变形协调性能良好、耐久性好、环保的材料，近年来应用较多的有高性能环氧砂浆、水泥基渗透结晶材料以及聚脲等。

4.4 坝基渗漏

4.4.1 大坝基础防渗方案的选择跟坝基地层条件、大坝类型、坝高等密切相关。

坝基为较完整的基岩时，一般采用常规水泥灌浆工艺方法。坝基为土层、砂层、砂砾石层等覆盖地层或全风化基岩时，可采用脉动灌浆、套阀管法灌浆等工艺方法，也可采用塑性混凝土防渗墙、高喷灌浆防渗墙等。若大坝具备放空条件，工程区附近有合适的防渗土料，也可结合工程条件采用铺盖防渗，如粘土铺盖或铺设土工膜等。根据已完工程统计资料，湖南省水库大坝坝基 70%以上是基岩，坝基防渗多采用常规的水泥灌浆帷幕。对于浅层覆盖层清基不彻底的，多结合坝体防渗，采用高喷灌浆，下部基岩防渗采用水泥帷幕灌浆，高喷与帷幕灌浆要求结合良好。近年来，脉动灌浆新工艺开始较多地应用于土坝坝体和覆盖层软土坝基的防渗加固，取得了较好的效果。

岩溶坝基处理可参照 T/CSRME 003-2020 《岩溶注浆工程技术规范》的相关内容实施。

4.4.2 坝基防渗墙厚度应根据幕前水头和防渗标准确定，厚度宜为 0.6m~1.0m。墙底一般宜嵌入弱风化基岩或相对不透水层 0.5m~1.0m，对风化较深或断层破碎带应根据其性状及坝高予以适当加深。防渗墙上部应与坝体防渗结构良好结合，插入坝体防渗体高度宜为 1/10 坝高，高坝可适当降低，或根据渗流计算确定，低坝不应低于 2m。

4.4.3 水平防渗即在坝上游填筑铺盖，可采用黏土、土工膜、混凝土等，铺盖与坝体防渗体连接，形成整体防渗。针对已建土坝的地基情况，采用铺盖防渗，必须满足的条件是：①对地基渗透稳定的要求，铺盖下卧冲积层内的渗透坡降，不能超过其允许渗透坡降。②对铺盖填土渗透稳定要求，通过铺盖的渗透坡降，不能超过其允许渗透坡降。③对渗流出口渗透稳定要求，坝下游渗流出逸处的剩余水头，不致产生渗透变形。④对渗流量损失的要求，应小于其允许的损失水量。

为使渗漏水量减少到最小的可能范围以内,通过理论和实践表明,一般铺盖长度与坝前水头之比应大于 5。20 世纪 60 年代末总结的经验是 7~8,但最大也有超过 10 的。铺盖渗透系数一般要求比地基至少小 100 倍,这一数字愈大,加长铺盖防渗效果愈好。反之,效果将会减小。黏土铺盖与河床表面透水料之间的反滤要求,在填筑铺盖前,要认真处理河床表面,避免填土与渗透系数大于 10^{-2} cm/s 的强透水层接触,要严格按照反滤要求施工,水库蓄水后、铺盖上的裂缝塌坑是可以避免的。同时要求铺盖不仅是河床部分,而且要全封闭两侧岸坡,形成整体防渗,避免绕坝渗漏。

4.5 其他建筑物渗漏

4.5.1 本条规定的土坝涵管开挖方案,同时应考虑坝体类别,如心墙坝等开挖重新预埋后应根据其坝体类别做好其本身防渗体衔接的相关填筑要求。

4.5.2 封堵体长度的确定首先应满足封堵体的计算长度,15m 的封堵长度为封堵体的最少长度。坝体内部涵管封堵时,上游截水环应布置在坝体上游 1/3 处,最长位置不能超过坝体中轴线,可根据涵洞型式、断面尺寸、渗漏情况,设置 2~3 道。

4.5.3 根据大多数涵管内衬成功经验,涵管内径在 0.8m 以上的施工较为方便,内衬维修后效果基本满足工程的正常运行功能;对于坝下无弯道的涵管,断面尺寸较小,也有类似的成功经验,如永州市东安县的坪一水库,涵管断面尺寸为 0.5 m×0.6m,采用内径 0.312m 的 PE 管进行内衬,目前涵洞运行良好,基本不存在渗漏现象。对于要求内衬尺寸较大的涵管,原涵管弯道角度不宜大于 15 度,内衬管径较小的涵管,外侧空隙余地较大,弯道角度可适当加大。

涵洞的内衬材料的确定应综合考虑施工环境、新老面衔接、工程功能等因素,如有特殊需求的应进行特殊考虑。如供水水源地,不能采用丙乳等有毒材料进行修补。

4.6 监测设施

4.6.1 一般不在混凝土、沥青心墙(窄塑性或刚性心墙)防渗体内布置渗流监测点。布置在上、下游侧反滤料中的渗流测点,应明确其电缆牵引路径,采取必要的措施保证监测电缆铺设不会对防渗和反滤体产生影响。

土质心墙体内等势线变化较大,一般沿不同高程设置测点,并按竖向测线布置。对土质心墙,渗压计应与土压力计对应布置,以分别监测心墙总土压力和有效土压力。

4.6.2 当坝基存在影响大坝稳定的浅层软弱带时，除监测大坝建基面的扬压力外，还需监测浅层软弱层面的扬压力。从国内大坝层间缝监测经验来看，常态混凝土胶结材料含量较高，若仓面冲毛处理合格，层间缝一般测不到渗透压力，对于常态混凝土大坝而言，监测坝体渗透压力的意义不大。因此混凝土坝体渗透压力可为选测项目，仅建议在碾压混凝土坝中开展此项监测。

土石坝坝基利用天然岩土或覆盖层，设有人工防渗（槽、墙和帷幕）及排水措施，需对其防渗及排水效果进行监测。当坝基为岩基、防渗能力强的沉积土基、坝体及坝基渗流浸润线（地下水位）高于建基面，确认坝基岩土层不会产生渗透破坏或仅采取帷幕防渗时，坝基渗透压力监测可仅在建基面或以下浅层布置测点。如建基面即为坝基相对隔水层，沿坝轴线方向坝基沟梁相间时，监测横断面上坝基测点宜沿其走向在沟底布置，其监测横断面不一定与坝轴线垂直。

4.6.3 面板坝堆石体一般为强透水料，渗透水易垂直下渗，在防渗体下游侧一般形成沿基础相对隔水层面以上的渗流，不易形成如土体中的浸润线，同一铅垂线上的水头值与其位置高程无关，故可以在坝基面设一个测点。垫层和过渡料中等势线较倾斜或弯曲，属“渗流急变区”，同一铅垂线上的水头值不相等，故需按不同高程布置测点。

5 防渗处理施工

5.1 一般规定

5.1.1 在防渗施工过程中，如果实际揭示的地质条件与前期地勘资料出现较大差异，则可对防渗处理方案和处理范围进行动态调整、优化。

5.2 防渗墙

5.2.1 混凝土防渗墙的施工应根据地质条件的适应性等因素选择成槽设备。成槽施工前应进行成槽试验，并应通过试验确定施工工艺及施工参数。

钢绳冲击式钻机（简称冲击钻）通过钻头向下的冲击运动破碎地基土，形成钻孔。它不仅适用于一般的软弱地层，亦可适用砾石、卵石、漂石和基岩。钢绳冲击钻机结构简单，操作、维修和运输方便，价格低。

冲击式反循环钻机适用软土、砂砾石、漂卵石和基岩等多种地层。冲击式正循环钻机国内用得很少。反循环抽渣方式有泵吸、气举及射流三种。泵吸法一般适用于孔深 50m 以内的

钻孔，此时效率较高。深孔用气举法较好，30m 以内钻进效率较差。射水反循环在孔深 50m 以内效果较好。一般多用泵吸与气举反循环配合使用。

正循环回转钻进是以钻机的回转装置带动钻具旋转切削岩土，同时利用泥浆泵向钻杆输送泥浆（或清水）冲洗孔底，携带岩屑的冲洗液沿钻杆与孔壁之间的环状空间上升，从孔口流向沉淀池，净化后再供使用，反复运行，由此形成正循环排渣系统，随着钻渣的不断排出，钻孔不断地向下延伸，直至达到预定的孔深。由于这种排渣方式与地质勘探钻孔的排渣方式相同，故称之为正循环。为了避免钻进困难和卵砾石堆集于孔底，正循环回转钻进一般只用于桩径较小（小于 $\phi 1000\text{mm}$ ）、地层颗粒较细（砾石含量不大于 15%、粒径不大于 10mm）的情况。遇有卵砾石夹层时，需要在钻头上加装特制的取石装置。

反循环回转钻进的破岩方式与正循环回转钻进相同，但排渣方式不同，孔内泥浆的流向相反。反循环钻进理想的应用条件是：①有较充足的水源；②地层中没有大于钻杆内径 4/5 的卵石或杂物，卵石含量不大于 20%；③地下水位适当，地下水位过高或过低都会带来不利影响；④没有自重湿陷性黄土层；⑤孔径 600 mm~3000mm，孔深不大于 100m。

抓斗挖槽机（简称抓斗）适用的地层比较广泛，除大块的漂卵石、基岩以外，一般的覆盖层均可。不过当地层的标准贯入度 N 值大于 40 时，使用抓斗的效率很低。对含有大漂石的地层，需配合采用重锤冲击才可完成钻进。

槽孔掘进机（Trench Cutters，曾用名碾磨机、液压铣槽机、双轮铣等）是 1973 年由法国索列丹斯公司首先研制成功，现在法国、德国、意大利和日本等国家都有生产。我国于 1996 年首次引进了一台槽孔掘进机用于长江三峡二期围堰防渗墙施工。这种机械适用于均质的地层，包括比较坚硬的岩层。但不适用于漂卵石地层，或在疏松层内夹有大块石（卵石）的地层。

5.2.2 目前国内外常用的成槽方法有：钻劈法（主孔钻进，副孔劈打），纯抓法（主副孔均用抓斗直接抓取），钻抓法（主孔钻进，副孔抓取），铣槽法（液压铣槽机铣削），多头回转钻机成槽法，射水成槽法，锯槽法等。各种成槽方法的适用条件参见表 5.2.4。

表 5.2.4 造孔成槽方法适用范围参照表

造孔成槽 方 法	地 层 适 应 性							墙深 (m)	墙厚 (cm)	备 注
	粘性	壤土	砂砾	卵石	漂石	软岩	硬岩			
钻劈法	○	○	○	○	○	○	△	≤70	60~120	
纯抓法	○	○	○	△	△	△	×	≤50	30~100	重锤配合
钻抓法	○	○	○	○	△	△	△	≤70	30~120	重锤配合
铣槽法	○	○	○	△	×	○	△	≤50	60~120	
多头钻法	△	○	○	△	×	△	×	≤50	50~100	

射水法	○	○	○	△	×	×	×	≤20	20~40	
锯槽法	○	○	○	×	×	×	×	≤20	15~30	

注：○—好；△—较差；×—差。

5.2.3 槽孔长度划分应尽量减少墙段接头，有利于快速、均衡和安全施工。一般而言，较密实地层中的槽孔可长，疏松、漏失地层中的槽孔宜短；深度大、造孔时间长的槽孔宜短；反之则可长；地下水水位高、流速大的地段槽孔宜短；反之则可长；槽孔长度应与混凝土的供应能力相适应，槽孔浇筑时混凝土面的上升速度应不小于 2m/h；含漂石较多的地段造孔时间长、泥浆漏失量大，应采较短的槽孔长度。

5.2.4 冲击钻机钻进基岩陡坡时，常采取以下措施避免钻偏：钻凿主孔接近或已到达倾斜基岩面时，宜事先在岩面钻孔爆破，或施钻梅花孔破坏基岩的完整性，然后再冲击钻进；或采用导向套筒式钻头钻进。液压铣槽机可采用从陡坡段的最低处向最高处依次铣钻。每铣钻完一个孔即浇筑混凝土，然后靠着已成混凝土墙段的支撑以及铣槽机上的导向装置铣钻下一个陡坡段，最后完成全部基岩陡坡段的钻进。钻进时应选择硬度适宜的铣齿和相应的给进压力。

5.2.5 防渗墙造孔施工中常见的故障有导墙变形或破坏、槽壁坍塌、漏浆、孔斜、挖槽机具卡在槽内等。常见造孔事故的原因、预防措施及处理措施见表 5.2.5-1。

表 5.2.5-1 常见造孔事故的原因、预防措施及处理措施

事故类型	主要原因	预防措施	处理措施
导墙变形破坏	1. 导墙的强度或刚度不足。 2. 导墙的底部发生坍塌或受到淘刷破坏。 3. 作用于导墙的荷载过大。 4. 导墙没有设置支撑或支撑遭受破坏。	1. 根据地基土的性质及导墙的荷载大小、作用方式等，作好导墙的设计和施工工作。 2. 对导墙地基进行加固处理。 3. 在布置施工机械时，要使作用在导墙上的荷载分散在作业地面上。 4. 要避免施工机具冲撞导墙。 5. 导墙的支撑必须完整，并具有足够的强度。	当导墙变形不大且尚未断裂时，可采取加强顶撑、减少荷载、用钢梁加固、用塑性混凝土等低强度材料封堵导墙底部等措施处理。 当导墙变形过大或已断裂时，一般应回填槽孔，将已变形、破坏部位的导墙拆除，重新建造导墙。当槽孔深度较大且接近完成时发生局部导墙破坏，为减少工期和经济损失，也可不回填槽孔，不恢复破坏部位的导墙，而采用沿墙轴方向架设大型型钢的方法继续施工。
槽壁坍塌	1. 槽内泥浆漏失或泥浆循环时未能及时补充泥浆，槽内泥浆液面降至安全范围以下，导致泥浆静水压力过小。 2. 泥浆性能不适应地质情况或泥浆质量差。	1. 修筑施工平台之前加密松散地基，提高其抗剪强度；特别是孔口以下 6m 以内的土体。 2. 导墙要牢固，能承受各种施工荷载，发生塌孔时导墙不会断裂。最好修建钢筋混	1. 槽口坍塌且导墙断裂。孔深较小时应回填槽孔，拆除原有导墙，加固孔口土体后重建新导墙。成槽孔深较大时，为减少损失，可沿墙轴方向铺设数 30 号以上的型钢跨过塌坑支承枕木铁轨，使钻机能继续工作，直至槽孔完成。 2. 槽口坍塌但导墙尚未断裂。一般可采用下述方法处理：

	<p>3. 施工平台过低,地下水位过高或地下水流速过大。</p> <p>4. 地层松散、软弱,而未作处理。</p> <p>5. 在处理地下障碍(如大孤石)时,所用方法不当。</p> <p>6. 单元槽段过长。</p> <p>7. 地表荷载过大或振动力过大。</p> <p>8. 槽孔施工时间过长。</p>	<p>凝土导墙。</p> <p>3. 槽孔划分要因地制宜,在地层稳定性较差和渗漏量较大的部位采用较短的槽孔。</p> <p>4. 采用适当的泥浆性能指标,保证泥浆的质量,防止废水流入槽内。</p> <p>5. 储备足够的泥浆和堵漏材料,发生大量漏浆时,及时堵漏和补浆,避免槽内浆面下降过多。</p> <p>6. 孔内爆破的装药量要适当,孔深较小时不得进行孔内爆破。</p> <p>7. 孔口至少高于地下水位2m。</p> <p>8. 当孔口可能被淹时,用粘土回填槽孔,暂停施工。未完成的槽孔长时间搁置时,亦应回填粘土。</p>	<p>(1) 紧贴导墙外缘每隔断 20~30 cm 向下斜插钢筋或钢管,并打入坍孔形成的斜坡体内,然后用袋装土封堵塌坑下部,用混凝土封堵塌坑上部。</p> <p>(2) 沿墙轴方向跨过塌坑铺设数根 16~20 号型钢支承造孔设备,减轻导墙的荷载。</p> <p>(3) 孔深较小时也可回填槽孔,下部用土料或砂砾料回填,上部用低标号混凝土或固化灰浆回填;然后重新开孔。</p> <p>3. 必要时重新划分槽孔,缩短槽孔长度。</p>
漏浆	<p>1. 地层较松散,砂砾石、大漂石等地层中存在架空现象。</p> <p>2. 基岩中存在溶洞、溶槽、断层、裂隙等渗漏通道。</p> <p>3. 坝体填筑质量不好,存在渗漏通道。</p> <p>4. 坝基中存在长期渗漏、管涌造成的集中渗漏通道。</p> <p>5. 泥浆的防渗性能差,质量不好。</p>	<p>1. 对槽孔两侧一定深度内土体进行振冲加密。</p> <p>2. 在槽孔两侧预先进行高压喷射注浆或水泥灌浆。</p> <p>3. 使用防渗性能良好、粘度较大的固壁泥浆。</p> <p>4. 在松散、漏失地层中钻进,应随时向孔内投入适量粘土并少抽砂,以增加孔底泥浆的稠度。</p> <p>5. 漏失地层中单槽的主孔未打完时不得劈打副孔。</p> <p>6. 必要时在泥浆中加入防漏失材料。</p>	<p>1. 发生大量漏浆时应立即起钻,中断造孔,迅速向槽孔内补充泥浆,保持浆面高度不低于导墙底部。</p> <p>2. 在泥浆中掺加膨润土、粉煤灰、锯末、棉子壳、纸屑、麻屑、人造纤维等堵漏材料。</p> <p>3. 向孔底投放粘土、水泥、砂、碎石、粘土球等堵漏材料,并用钻头捣实并挤入漏浆孔洞。</p>
孔斜	<p>1. 设备安装不当,固定不稳。</p> <p>2. 钻进中遇到大漂石、探头石或陡坡岩面。</p> <p>3. 钻凿混凝土接头孔时混凝土强度高。</p> <p>4. 钻孔操作不当,开孔不正,放绳过多,进尺过快。</p>	<p>1. 保证施工平台的修筑质量和造孔设备的安装、加工质量。</p> <p>2. 用钢绳冲击钻机造孔时应选择适当的钻进参数和钻头。</p> <p>3. 冲击钻进时要开好孔,轻重适当,勤放绳、少放绳,使钻头能左右旋转。</p> <p>4. 经常检查孔斜情况,发现问题及时处理。</p> <p>5. 抓斗挖槽时,每抓 2~3 斗将斗体水平旋转 180° 后再抓。</p>	<p>1. 孔斜超标严重时,一般需回填孔斜段后重新钻孔。回填材料可用坚硬的块石或低标号混凝土。重新钻孔时须向与孔斜相反的方向适当移动钻孔中心,并注意轻打慢放,随时检查修孔效果,直至满足垂直度要求。</p> <p>2. 对由于探头石造成的孔斜,可将探头石爆破后再修孔。</p> <p>3. 利用抓斗、液压铣槽机的测斜纠偏装置进行纠偏。</p>
挖槽机具卡在槽内	<p>1. 停钻时,钻具没有提出槽孔,以致泥浆中的钻碴沉淀时将钻具卡住。</p> <p>2. 地层中有较多的漂石和孤石。</p> <p>3. 孔斜、孔曲过大,孔形不规整。</p> <p>4. 下钻时或钻进中,上部孔壁掉落石块。</p>	<p>1. 停钻时须将钻具提出孔外,至少提离孔底 2m。</p> <p>2. 及时处理孔内的漂石、孤石和探头石。</p> <p>3. 钻进速度不要过快,保持孔形垂直和圆整。</p> <p>4. 下钻时要慢、要稳,要避免挂落孔壁上的石块。</p> <p>5. 钻具的形状和尺寸要符合要求。</p>	<p>1. 查明卡钻的原因,确定适当的处理方法。避免处理不当损伤钢丝绳和钻头提梁造成掉钻。</p> <p>2. 如果卡钻是由于泥浆中钻碴沉淀造成,可采用高压射水装置和空气升液法清除钻头四周的碴土。</p> <p>3. 先用反冲击、下加重杆振动等简单方法处理。</p> <p>4. 如果是探头石卡钻,可采用爆破的方法处理。</p> <p>5. 如果是由于钻孔弯曲造成卡钻,可采用直径稍大的空心钻具扩孔,使被卡钻头脱离孔壁。</p> <p>6. 在承载力许可的范围内用滑轮组增力提拉钻</p>

5. 钻具的形状和尺寸不符合要求，钻头补焊不及时，补焊的直径过大。	6、及时补焊钻头，避免钻头直径变化过大。 7、当有塌孔迹象时，要尽快将钻具提出孔口，以防卡钻或埋钻。	头。 7. 在承载力许可的范围内用千斤顶顶拔钻头。
-----------------------------------	---	------------------------------

成槽时的护壁泥浆在使用前，应根据泥浆材料及地质条件试配及进行室内性能试验，泥浆配比应按试验确定。用于混凝土防渗墙施工的护壁泥浆应具备良好的物理稳定性、化学稳定性、适当的密度（比重）、适当的粘度、良好的触变性、较好的滤失性、较小的含砂量等基本性质。

泥浆的性能指标应根据地质条件确定。不同施工阶段对泥浆性能的要求不尽相同，测定的项目也有所不同。工程的地基往往是由多种不同性质的地层组成，泥浆性能指标的选择应以主要地层为准。对于次要地层或特殊地层，一般在钻进过程中采取其它措施调整。泥浆性能指标的测定项目和控制范围可参考表 5.2.5-2、表 5.2.5-3 和表 5.2.5-4。

表 5.2.5-2 各施工阶段泥浆性能的测定项目

泥浆种类 阶段	粘土泥浆	膨润土泥浆
鉴定土料造浆性能	密度、漏斗粘度、含砂量、胶体率、稳定性	密度、漏斗粘度、稳定性、失水量、静切力、塑性粘度
确定、校验泥浆配合比	密度、漏斗粘度、含砂量、胶体率、稳定性、失水量、泥饼厚度、静切力、pH 值	密度、漏斗粘度、稳定性、失水量、泥饼厚度、静切力、pH 值
施工中质控	密度、漏斗粘度、含砂量	密度、漏斗粘度、含砂量

表 5.2.5-3 粘土泥浆性能指标

项目	单位	新制泥浆		造孔时 孔内泥浆	清孔用浆	砼浇筑前 孔底泥浆	备注
		一般地层	松散地层				
相对密度（比重）		1.15~1.20	1.20~1.25	≤1.30	≤1.20	≤1.3	1002 型比重称
漏斗粘度	s	18~28	25~45	20~45	18~23	18~30	500/700ml 漏斗
含砂量	%	≤5	≤5	≤8	≤5	≤10	
胶体率	%	≥96	≥96	≥95	≥96	---	
稳定性		≤0.03	≤0.03	≤0.04	<0.03	---	上、下比重差
失水量	ml/30min	<30	<30	<50	<30	---	1009 型失水仪
泥饼厚	mm	≤4	≤4	≤6	≤4	---	1009 型失水仪
10min 静切力	Pa	2.0~5.0	4.0~10.0	2.5~ 12.0	1.5~4.0	---	旋转粘度计
pH 值		7~10	8~10	7~9	8~11	---	

表 5.2.5-4 膨润土泥浆性能指标

项目	单位	新制泥浆		重复使用	清孔用浆	砼浇筑前 孔底泥浆	备注
		一般地层	松散地层				
相对密度（比重）		1.03~	1.06~	≤1.20	≤1.05	≤1.15	1002 型比重称

		1.07	1.10				
漏斗粘度	s	32~50	45~60	32~60	32~38	32~45	
含砂量	%	≤1	≤1	≤5	≤1	≤4	
胶体率	%	≥98	≥98	≥95	≥98	——	
稳定性		≤0.01	≤0.01	≤0.02	<0.01	——	上、下比重差
失水量	mL/30min	<30	<30	<50	<30	——	ZNS 型失水仪
泥饼厚	mm	≤3	≤3	≤5	≤3	——	ZNS 型失水仪
塑性粘度	cP (mPa·s)	8~20	16~30	≤40	8~20	——	旋转粘度计
10min 静切力	Pa (N/m ²)	1.0~4.0	3.0~8.0	1.5~10.0	1.0~3.0	——	旋转粘度计
pH 值		7.5~11	8~11	7.5~11	7.5~11	——	

5.2.6 在防渗墙内预埋灌浆管的情况较多，可使用钢管、塑料管作为预埋管。管径通常为 100mm~150mm，埋管间距多为 1.5m~3.0m。为保证预埋管位置准确和避免在浇筑混凝土时移位、弯曲，常采取如下措施：(1)若防渗墙配置有钢筋，灌浆管应按设计位置固定在钢筋笼上，与钢筋笼一起下入槽孔中。(2)若墙内不配置钢筋，则应在槽孔中设置定位架固定灌浆管。(3)在预埋管的上端用卡管器等专用设施固定在槽口板上。在深孔中预埋灌浆管，容易产生过大的弯曲和消耗大量的管材。例如：长江三峡工程二期围堰防渗墙预埋灌浆管，采用了在管口、管底和沿深度每隔 9m~13m 布设 1 个定位架的方法，共埋设灌浆管 11514m，最大深度 73.5m，全部获得成功。

5.2.7 当气温低于 5℃时，塑性混凝土的初凝时间大幅延长。在大坝上有机机械振动时，未凝固的塑性混凝土易使沿坝体沿防渗墙轴线劈裂，导致塑性混凝土浇筑量大幅上升。

5.2.8 常见混凝土浇筑事故的原因、预防措施及处理措施见表 5.2.8-1。

表 5.2.8-1 常见混凝土浇筑事故的原因、预防措施及处理措施

事故类型	主要原因	预防措施	处理措施
卡塞	1、导管塞的形状和材料不当。 2、导管管节受损变形过大。 3、开浇时不先浇注砂浆，或砂浆中含有碎石。	1、采用空心橡胶球或塑料球等变形性能较好的，且能被泥浆浮起的球形导管塞。 2、下管前认真检查导管是否受损。 3、开浇时要先浇注适量的砂浆，并避免砂浆中混入碎石。	如果刚开浇就发生堵管，可判别为卡塞。若多次提动导管混凝土仍下不去，应立即起卸部分导管，直至取出被卡住的导管，然后重新下管。
堵管	1、混凝土的配合比不当。 2、新拌混凝土的质量不符合要求(流动性过小，严重离析，骨料超径等)。 3、筑混凝土的运输方	1、正确设计混凝土的配合比，保证其施工性能满足泥浆下浇筑的要求。应尽量采用一级配混凝土。 2、严格控制新拌混凝土的质量，防止和易性不合格的混凝土和超径卵石进入导管。	1、分析堵管原因和部位，查对记录，确认管底位置和埋深，采取措施避免其他导管同时堵管。 2、上下反复抖动导管，每次提升不要过高，不得猛墩导管，以防导管破裂和混凝土离析。 3、抖动无效时，可在导管埋深许可的范围内提升导管，以增加导管内的压力，减少混凝土流出的阻力。

	<p>法不当,造成混凝土严重离析。</p> <p>4、浇筑混凝土的方法不当,浇筑速度过慢或中断时间过长。</p> <p>5、混凝土导管内径过小,或同一根导管中采用了不同内径的管节。</p>	<p>3、采用适当的混凝土拌制和运输方法,减少倒运环节,保证供料强度满足混凝土面上升速度的要求。</p> <p>4、做好各项组织、准备工作,确保混凝土浇筑连续进行。</p> <p>5、混凝土导管的内径应上下一致,并尽量采用直径较大的导管。</p> <p>6、混凝土浇筑过程中应经常提动导管,特别是浇筑速度较慢时。</p>	<p>4、若仍然无效,堵管部位不深时可下钻杆捅;较深时可用压缩空气顶推管内混凝土(事先制作带进气管的导管封头),所用压力应在导管强度允许的范围内。</p> <p>5、若以上处理方法均无效,应抓紧时间起出导管重新下管。重新开浇时,管底应插入混凝土0.5m~1.0m。并用小抽筒抽出管内泥浆,并至少先注入1.0m砂浆。</p>
埋管	<p>1、导管埋深过大。</p> <p>2、提升机械状况不好,提升能力不足。</p> <p>3、浇筑速度过慢,长时间不活动导管。</p> <p>4、导管的形式不好、连接法兰盘直径过大等。</p>	<p>1、事先检修好导管提升设备,使之具备良好状态和足够的提升能力。</p> <p>2、采用阻力小的导管接头形式,减小导管接头的直径和数量。</p> <p>3、浇筑过程中勤活动,勤起拔、拆卸导管,埋深不超过6m。</p>	<p>1、查对浇筑记录,确认导管埋深。</p> <p>2、暂停浇筑或降低浇筑速度,避免继续增加导管埋深。</p> <p>3、改换吊车或以千斤顶配合等措施增加起拔力。</p> <p>4、必要时也可在导管口上垫上厚木板,用钻头往下轻击导管,从反方向活动导管。</p> <p>5、若上述处理方法无效,应尽快在其旁重新下一根备用导管重新开浇。具体方法与堵管处理相同。</p> <p>6、长度小于7m且下有3根导管的槽孔,当中间的导管拔不出时,若浇筑速度较快,也可不再下管;而采取向中间适当移动其他导管,并保持适当埋深的措施。</p>
导管破裂	<p>1、孔深较大,管内的压力较大。</p> <p>2、导管的强度不够或制作质量不满足要求。</p> <p>3、处理堵管事故时向下墩管。</p> <p>4、各导管下料不均,造成导管倾斜过大。</p>	<p>1、按可能遇到的最不利情况设计导管。最不利情况包括可能遇到的最大孔深,混凝土满管及敦管时的冲击荷载。</p> <p>2、保证导管的制作质量,特别是焊接质量。</p> <p>3、新制导管及每次开工前,应对导管进行加压试验。</p> <p>4、下管时,各管节的连接应牢固。如采用法兰连接,螺栓的直径和数量应符合规定要求。</p> <p>5、提升和下放导管和动作要慢,避免过大的冲击荷载。特别是下管和开浇时,要注意防止管底撞击孔底基岩。</p> <p>6、保持混凝土面均匀上升,防止导管倾斜。</p>	<p>导管破裂的位置一般在底部的一、二节导管,不易及时发现,往往造成全槽混凝土混浆报废的严重后果。故对于深度较大的槽孔,开浇阶段拆卸导管时,必须严密监视管内情况,发现管内混凝土面过低,漏浆等异常情况时,应立即下放导管增加埋深,在以后的浇筑中继续保持较大的埋深,防止泥浆进入管内。若破裂位置较高,则应起出破裂导管,重新下管。处理的关键是要及时发现事故。</p>
导管脱出混凝土面	<p>1、导管下设的长度和深度与计划严重不符,致使该导管的埋深误判,始终是脱空浇筑。</p> <p>2、拆卸导管记录错误,已拆的管节未记或少记,造成以后拆管时将导管提出混凝土面。</p>	<p>1、下设导管时记录员应始终在旁监督并作记录;每根导管下设完毕,应接触孔底后再提起15~25cm。</p> <p>2、各根导管拆下的管节分别堆放;每次拆管前后,应核对拆管记录和实际拆卸的管节。</p> <p>3、采用优质泥浆和严格控制</p>	<p>1、当发现导管内混凝土面过低,或有泥浆进入管内时,应立即下放导管,增加管底插入深度,直至管内情况恢复正常。为避免意外情况造成管底再次脱出混凝土面,在以后的浇筑过程中该导管应一直保持较大的埋深。</p> <p>2、如果因导管拔出混凝土面,发现及时,除管内进入泥浆外,无其他已浇筑混凝土严重混浆的迹象,可在下放导管的同时用小抽筒抽出管</p>

	<p>3、混凝土面以上堆积的沉渣和混浆混凝土过多，难以测到真正的混凝土面，造成混凝土面误判。</p> <p>4、拆管时操作不当，提管过高。</p> <p>5、混凝土面测量工具不当。</p>	<p>清孔质量，同时还应注意防止混凝土从导管外掉进孔内。</p> <p>4、由熟练人员操作钻机，拆管时不要提管过高。</p> <p>5、采用适当的混凝土面测量工具和测量方法。</p>	<p>内泥浆，然后继续浇筑。</p> <p>3、如果长时间或反复处于脱管状态浇筑，经查对浇筑记录，槽内浇筑的混凝土已发生大范围严重混浆，则应果断决定停止浇筑，尽快清除全部已浇混凝土，重新清孔，重新浇筑。</p>
断墙	<p>机械故障、浇筑事故等原因造成的浇筑中断和浇筑速度过低，均可能导致孔内混凝土丧失流动性，使浇筑施工不能继续进行，发生断墙事故。</p>	<p>1、做好浇筑施工的各项组织准备工作；避免混凝土供应的中断。对混凝土的拌制、运输机械事先应进行检修，对其可能发生的故障应有抢修应急措施；同时还应有备用的浇筑设备或备用的浇筑方案。</p> <p>2、混凝土浇筑系统的布置，设备的选择，混凝土供应能力的确定，必须考虑在最不利条件下混凝土面上升速度的要求，并留有足够的余地。</p> <p>3、混凝土的配合比试验和设计应满足泥浆下浇筑所必须的流动性和粘聚性要求，其塌落度损失速度应控制在允许的范围。新配合比在投入使用前应进行试拌。</p> <p>4、保证混凝土的拌制、运输和浇筑质量，避免发生堵管，导管破裂，导管脱出混凝土面等浇筑事故。</p> <p>5、事先准备好处理各种浇筑事故的工具和措施，并与协作单位商定好处理意外情况的配合事项，以确保一旦发生事故能迅速处理完毕恢复正常浇筑。</p>	<p>1、发生断墙事故将严重影响该墙段的完整性，一般情况下应凿除已浇混凝土，重新清孔，重新浇筑。特别是当断墙位置较低时，应果断决定返工。一般不应由断墙处接浇二次混凝土。否则以后处理断墙接缝夹层的难度和损失更大，且难以达到预期的效果。</p> <p>2、对于临时工程或次要部位，受工期或其他条件限制，不宜凿除已浇混凝土时，经监理工程师同意，可在凿除表层混浆混凝土并用反循环泥浆泵彻底清除沉渣后，接浇二次混凝土。待凝 14 天后，再对断墙接缝用静压灌浆或高压喷射灌浆的方法进行加固处理。</p> <p>3、如果断墙的位置较高，离设计终浇高程相差不多，在条件允许时，可将孔内泥浆、沉渣及表层混浆混凝土清除后接浇水上混凝土，二次浇筑前须在第一次浇筑混凝土顶部开凿榫槽或镶止水带。</p> <p>4、对于重要的防渗墙工程和下有钢筋笼的防渗墙工程，发生了断墙事故又不可能返工时，除静压灌浆和高压喷射灌浆等处理方法外，还可采用在原墙的上游侧贴补一段墙的方法处理。</p>

5.3 高压喷射灌浆

5.3.1 由于设计阶段勘探孔数量有限，地质资料不可能十分详尽。选取一定数量的先导孔采取芯样并核实地层，是对勘探资料的补充和完善。动力触探是确定地层密实度和可喷性的有效方法，有条件时可采用。先导孔的间距和深度应视工程的具体情况而定。当地层复杂、层位变化较大时，先导孔间距可小一些，反之宜大一些。先导孔的深度一般应比其他高喷孔稍深。钻孔记录应详细，便于高喷灌浆时针对不同的地层条件和孔内情况采取相应的技术措施。一旦发生质量问题时，也便于分析原因和处理。

5.3.2 当高喷灌浆孔较深时，使用高塔架台车可以减少拆卸喷射管次数，减少孔内事故，提高施工效率。无级调速高喷台车可以方便地调整喷射管的旋转、提升速度和旋摆角度。

根据水力学原理和有关试验资料，采用图 5.3.2 所示的收敛圆锥性喷嘴（圆锥角 $\theta = 13^\circ \sim 14^\circ$ ，平直导流段长度 $L = 3D_0 \sim 4D_0$ ，粗糙度为 $1.6\mu\text{m}$ ），可保持高速射流的良好状态，提高动能的利用效率。

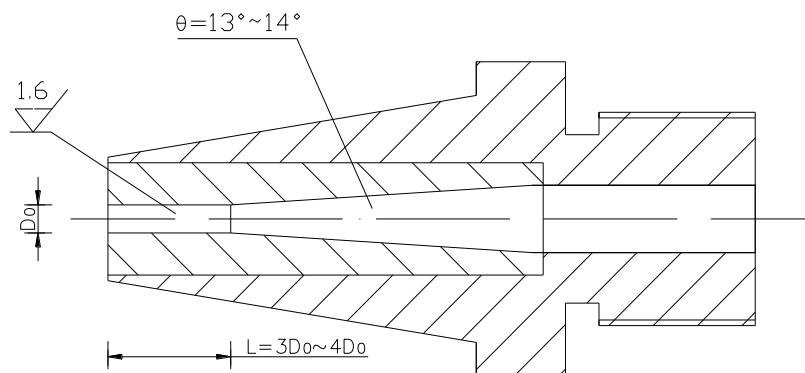


图 5.3.2-1 高喷嘴结构示意图

5.3.3 干法钻孔主要是担心湿钻会有大量水分进入土坝坝体，影响灌浆质量和坝体稳定。当坝高大于 30m 或坝高小于 30m 但有大量砂砾石时，一般用泥浆护壁钻孔。实践证明坝高大于 30m 的坝干法成孔时进尺慢，在浸润线以下坝体土含水量高，易缩孔和塌孔，容易使坝体土受到扰动。所以，当坝高大于 30m 时，不能强求干钻，可采用泥浆护壁钻孔，有利于成孔质量。

如泥浆护壁困难，可在钻孔中下特制的 PVC 花管护壁，如四川二级水电站围堰高喷墙、浙江珊溪水利枢纽围堰高喷墙等项目都取得了良好的效果。但施工前应在地面做高压射流破坏 PVC 花管的试验，取得合格方可使用。

小浪底水利枢纽坝肩地基处理高喷灌浆试验，采用国际先进钻孔设备施工，完成 29 个孔，孔深 32m~40 m，最大偏斜率 1.12%，最小 0.45%。其中，大于 1% 的 9 个孔，占 31%；小于 0.5% 的 3 个孔，占 10%。本条从对工程严格要求而又兼顾国内钻进工艺具体情况出发，提出了较高钻孔精度的要求。

较大的孔径对保证高喷墙的质量较为有利。高喷灌浆孔较墙体设计深度少量超深，是由于喷嘴距喷管底端有一定距离，另外也考虑孔底会有少量沉淀。

5.3.4 高喷灌浆因故中断大于 30 min 后恢复施工时，应对中断孔段进行复灌。

地层中水流速度过大时，喷射的浆液难于在预定范围内凝结，先进行堵水处理是为了给

高喷施工创造条件，保证高喷墙的质量。

在细颗粒地层中采用三管法施工时，有时会出现喷射管被埋住导致孔口不能返浆，造成地层劈裂或地面抬动。大幅度降低水压、气量，注入浓水泥浆充满钻孔，可较为有效地防止发生此类事故。

5.4 灌浆

5.4.1 充填灌浆，先灌边排孔，堵塞上、下游漏水通道或其他隐患，然后再灌中排孔。充填灌浆，下套管由下而上分段灌浆，目的是充填坝体中已有的裂缝、洞穴等隐患，坝体不致产生新的劈裂。但在工程实践中，对于堤坝高度小于 10m，隐患部位较明确而又较浅时，可不下套管。

在高出孔出浓浆后堵塞该孔，在原低处孔继续灌注，直至压力升高、注入率减小，再转移至连通的高孔继续灌浆，依次前移，直至全区灌浆结束。

灌浆前要做好充分准备，保证灌浆连续进行，这是灌浆取得成功的重要条件。因故中止灌浆的灌浆孔一般都会被堵塞，必须扫孔穿透原充填灌浆范围后，才能开始复灌。

通过灌浆封孔可提高孔内浆液结石的密实度，最大程度修复钻孔形成的缺陷。灌浆封孔一般采取置换和压力灌浆封孔法，置换浆液浓度采用最浓一级浆液，封孔灌浆压力一般采用该孔最大灌浆压力。

6 质量检查

6.1 一般规定

6.1.1 检查孔属于抽样检查，难以全面的反映施工整体质量，除正常布置检查孔外，还可在墙体两侧布设渗压测量装置测量施工前后的水位差和布设三角堰测量渗流量来综合评定渗漏治理的效果。

6.1.2 防渗工程施工中资料整理内容见表 6.1.2-1：

表 6.1.2-1 工程资料整理表

序号	归档资料	工艺分类									
		塑性混凝土防渗墙	高压喷射灌浆工程	冲抓回填	脉动灌浆	套阀管法灌浆工程	充填灌浆	水泥帷幕灌浆工程	化学灌浆	土工膜及防渗涂料	劈裂灌浆

		工程		工程	工程		工程		工程	工程	
1	地质勘察报告及附图	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	隐患（裂缝）勘探资料			√			√		√		√
3	设计报告、图纸、说明书及技术要求、设计变更及补充文件等	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4	材料出厂文件、原材料检验资料、施工原始记录、施工质量检查资料、质量评定资料、专项施工方案等；	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5	竣工报告、竣工图纸等	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	重大问题及有关专题试验报告等	√	√		√	√	√	√	√	√	
7	工程建设大事记	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

注：√—强制归档的资料

6.2 塑性混凝土防渗墙

6.2.1 质量检查程序，分为施工工序质量检查、施工材料检查和墙体工程质量检查三个方面的检查内容。施工材料检查应执行先检后用的原则，工序质量检查应在施工过程中进行，实体工程质量检查应在成墙后且满足 28d 龄期时进行抽查。

膨润土的含砂量和泥浆护壁的浆液浓度为施工过程中的重点检查内容，若膨润土含砂量过高或泥浆护壁的浆液浓度过低，极易造成槽壁土体垮塌。

6.2.2 检查孔宜为 100m~160m 布置 1 个，当防渗墙的长度大于 3km 时，可以适当减少检查孔的数量。由于塑性混凝土防渗墙强度很低，取芯难度较大，不能将芯样采取率及芯样试验的数据作为判定成墙效果的评定标准。宜采用无损检测进行普查，发现缺陷部位后，再有针对性的布设检查孔。无损检测可采用地质雷达法、跨孔声波透射法（利用预埋的帷幕灌浆导孔作为声测孔）、高密度电法和垂直反射法等物探的方法。

6.3 高压喷射灌浆

6.3.1 检查孔及围井的应均匀布置，施工过程中地质复杂或漏浆严重可能存在质量缺陷的部位应布设检查孔或围井。如需进行围井开挖检查成墙效果，应在该部位灌浆结束 14d 后进

行。

除正常布设检查孔外，可在坝体两侧布设渗压装置，通过灌浆前后水库水位的变化结合渗流量进行全面分析灌浆效果，也可以采用物探的方法进行普查。

6.4 灌浆

6.4.1 脉动灌浆施工孔若为多排孔时，可按主排孔个数的 3%~5%均匀布设检查孔，且检查孔个数不少 4 个。

6.4.2 劈裂灌浆质量检查以渗流量量测为主，包括：施工前、施工过程中和施工后的渗流量。

6.5 冲抓回填

6.5.1 冲抓回填所用的土料，在回填之前同一料场土料应每 $5000m^3$ 做一次料场复核试验，当料场土料发生明显变化或更换料场时，均应先检后用。

6.5.2 冲抓回填检查孔的应均匀布置，施工前坝体存在渗漏的部位或施工过程中存在问题的部位应布设或增设检查孔。